FIR - Digitalcontroller

PRO C 28

Handbuch und Bedienungsanleitung

058-D0080
Version 030703
Eprom KH 1.048

KLEIN + HUMMEL

KLEIN + HUMMEL GmbH
Zeppelinstr. 12 73760 Ostfildern/Germany

Tel.: + 49 - (0)711 - 45893 - 0
Fax: + 49 - (0)711 - 45893 - 35
email: info@klein-hummel.de
http://www.klein-hummel.de

Abb. 0/1 Frontseite

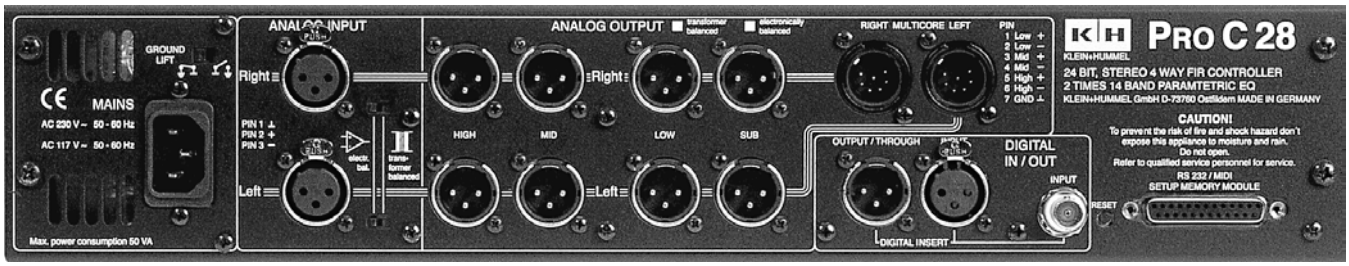


Abb. 0/2 Rückseite

Inhaltsverzeichnis:

1 Gerätebeschreibung

1.1 Vorteile digital kontrollierter Lautsprechersysteme....4
1.2 Eigenschaften 5
1.3 Signalflussplan....6
1.4 Baugruppenbeschreibung....7
1.5 Die digitale Filtertechnologie....10
1.6 Der Lautsprecherparametersatz....18
1.7 Peak/RMS- und Thermolimiter....21
1.8 Erklärung wichtiger Begriffe....25

2 Installation / Inbetriebnahme

2.1 Aufstellung und Betriebsbedingungen....29
2.2 Anschlüsse und Verkabelung....29
2.3 Anschluss von K + H Studiomonitoren und Subwoofern....32
2.4 Verkabelung eines 5.1 Surround-Setups....33
2.5 Geräteinterne Einstellungen....35
2.6 Bedienungselemente und Anzeigen auf der Gerätefront....36
2.7 Aufrufen des Lautsprecherparametersatzes....37
2.8 Multipath-Betriebsart....38

3 Bedienung / Beschreibung der Menüs

3.1 Menüstruktur des PRO C 28....39
3.2 Main Menü....41
3.3 System Menü....43
3.4 EQ Menü....45

4 Fernbedienung

4.1 Infrarotfernbedienung....46
4.2 Steuerung per RS-232 / MIDI....48
4.3 PC-Archivierung der Userparameter....50

5 Raumanpassung

5.1 Orts – EQ....52
5.2 Parametrischer EQ (PEQ)....54

6 Parametrierung des PRO C 28

6.1 Grundsätzliches zur Parametrierung....58
6.2 Laden von neuen Parametersätzen....59
6.3 Erstellen von Parametersätzen....60
6.4 Raumspezifische Parametersätze....62

7 Anhang....63

8 Sicherheitshinweise....66

9 Daten und Diagramme

9.1 Technische Daten....67
9.2 Elektrische Messungen....68

1.1 Vorteile digital kontrollierter Lautsprechersysteme

- Verbesserung des Frequenzganges, z.B. absolut linear von 30 Hz – 20 kHz oder jeder gewünschte Frequenzgang möglich

- Realisierung beliebiger Phasenverläufe (z.B. linear-, minimalphasig, ...) mit den daraus resultierenden Gruppenlaufzeiten (konstant, kontinuierlich fallend ...)

- Ein- und Ausschwingzeiten werden erheblich verbessert

  Präzisere Stereoortung, da praktisch keine Paarabweichung existiert

- Programmierte Entzerrungen für unterschiedliche Anforderungen lassen sich schnell abrufen

- Es können quasi beliebig viele Vorentzerrungen für unterschiedliche Aufstellbedingungen des Lautsprechersystems (Ortsanpassungskurven) mit eingespeichert werden

- Die Lautsprecher können bei unterschiedlicher Abhördistanz individuell verzögert werden

- Möglichkeit zusätzlicher Gesamtverzögerungen z.B. beim Zusammenspiel mit digitaler Bildbearbeitung, als Delayline bei Beschallungsaufgaben ...

- Die Flankensteilheit bei den Übernahmefrequenzen kann ca. 96 dB/Okt. betragen (annähernd ideal), dadurch ist der Frequenzbereich, der von den beiden Lautsprechern gemeinsam übertragen wird nur wenige Hz breit, was folgende Vorteile hat:
  1. der Übertragungsbereich der einzelnen Chassis kann optimal ausgenutzt werden
  2. im Übernahmebereich werden in der Vertikalen Phasenauslöschungen weitestgehend vermieden
  3. es kann für jeden Treiber ein die Richtcharakteristik (Directivity) betreffend ideales Horn gewählt werden (unterschiedliche Horntiefen und damit Laufzeitdifferenzen können aus geglichen werden)

  ⇨Die Richtcharakteristik (Directivity) kann sowohl horizontal als auch vertikal nahezu ideal gestaltet werden!

- Probleme durch Resonanzen und Reflexionen im Abhörraum können bei tiefen Frequenzen in hohem Maße ausgeglichen werden (Einmessen des Systems im Abhörraum erforderlich)

- Zum Schutz der Lautsprecher gegen Überlastung sind Limiter vorhanden, die sowohl den kurzzeitigen Maximalpegel als auch die Dauerleistung der Einzelchassis berücksichtigen und im Falle einer drohenden Übersteuerung vorausschauend herunterregeln (keine Verzerrungen wie bei analog arbeitenden Limitern)

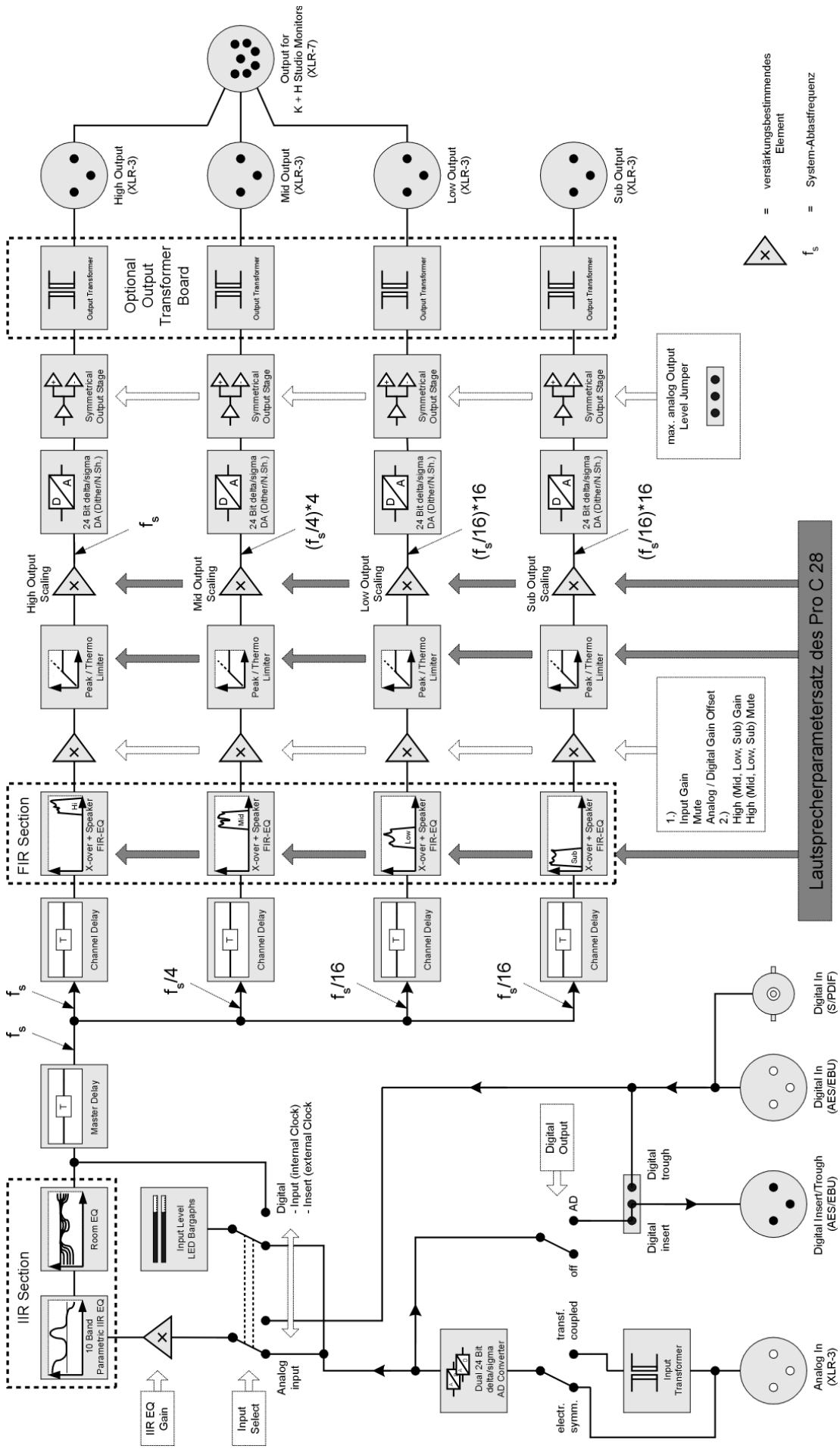
- Digitale und analoge Anschlussmöglichkeiten

- Fernbedienung von allen Parametern (individuell festlegbar)

1.2 Eigenschaften

- Stereo 4-Wege Digitalcontroller zur Steuerung von PA-Lautsprechersystemen und Studiomonitoren
- Beinhaltet Frequenzweiche, Lautsprecherentzerrung, Delay, Limiter, flexible Ortsanpassungsfunktionen sowie einen vollparametrischen 10-Band EQ (getrennt für jeden Kanal) in einem 19“ 2HE Gehäuse
- Von einander unabhängige Amplituden- und Phasen-Entzerrung der einzelnen Lautsprecherwege und des Gesamtsystems durch den Einsatz digitaler FIR-Filtertechnologie
- Im Gegensatz zu marktüblichen Digitalcontrollern wird der Controller mit einem für jedes Lautsprechersystem individuell erstellten Lautsprecherparametersatz programmiert, bei dem selbst geringste Toleranzen der Lautsprecher, der elektrischen Eigenschaften der zum Einsatz kommenden Endverstärker und des PRO C 28 selbst berücksichtigt werden
- Im K + H Akustiklabor entwickelte Parametersätze für verschiedene Kombinationen von K + H Topteilen und Subwoofern sowie für neuere K + H Studiomonitore
- Parametersätze können auch für PA- und Studiolautsprecher anderer Hersteller sowie für bestehende Systeme erstellt werden
- Anpassung an Aufstellungsort und Abhörraum durch vollparametrischen EQ mit IIR-Filter direkt am Gerät möglich
- Erstellung individueller Parametersätze zur Reduzierung raumakustischer Unzulänglichkeiten durch FIR-Filter
- Umfassende Limiterfunktionen mit vorausschauender Signalanalyse berücksichtigen das Clipping-Verhalten der Endverstärker, die maximale Auslenkung der Treiber sowie ihr kurz- und langfristiges Temperaturverhalten
- Wichtige Signalverarbeitende Stufen des PRO C 28 werden in 48 Bit Rechengenauigkeit realisiert
- Gestakte AD-Wandler (Gain ranging) in Δ/Σ-Technologie ermöglichen einen extrem hohen Eingangsdynamikbereich bei außerordentlich geringen Verzerrungen
- Hochwertigste DA Wandler in Δ/Σ-Technologie in den Ausgangsstufen
- Aufwendiges, doppelt stabilisiertes Stromversorgungskonzept
- Vollständig gekapseltes Netzteil
- Vielfältige analoge und digitale Anschlussmöglichkeiten
- Multipin-Anschlussterminals für den direkten Anschluss von neueren K + H Studiomonitoren wie z.B. O 300 D
- Übersichtliche und einfache Bedienung am Gerät über Menüstruktur (kein PC erforderlich)
- Mehrere benutzerspezifische Schutzebenen zur Vermeidung von Fehlbedienungen
- Großes 2*24 stelliges VF-Display
- Fernsteuerung über RS-232 oder MIDI sowie mittels optionaler IR-Fernbedienung

1.3 Signalflussplan



1.4 Baugruppenbeschreibung

Anhand des im vorstehenden Abschnittes gezeigten Signalflussplanes werden im Folgenden die einzelnen Baugruppen des PRO C 28 beschrieben. Es wird in der Reihenfolge vorgegangen, in der auch das Audiosignal die einzelnen Baugruppen durchläuft.
Der Signalflussplan und diese Aufzählung erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit, vielmehr erfolgt eine Beschränkung auf diejenigen Baugruppen, deren Kenntnis zum Verständnis des in den nachfolgenden Kapiteln beschriebenen Funktionsprinzips erforderlich sind.

- **Analog Input:** Der Eingang für Analogsignale ist studiosymmetrisch ausgeführt und kann zwischen elektronisch symmetrischen und trafosymmetrischen Betrieb umgeschaltet werden. Die Umschaltung erfolgt getrennt für den rechten und linken Kanal mittels eines auf der Rückwand rechts neben den Eingangsbuchsen angeordneten Schiebeschalters.

- **AD Converter:** Bei der A/D-Wandlung kommt das sogenannte „Gain Ranging" - Verfahren zum Einsatz, bei dem zur Vergrößerung der maximal möglichen Eingangsdynamik zwei Wandler pro Audiokanal eingesetzt werden. Der eine A/D-Wandler wird direkt durch das Audiosignal gespeist, während dem zweiten A/D-Wandler das um einen bestimmten Pegel verstärkte Audiosignal zugeführt wird. Hierdurch wird die maximal mögliche Eingangsdynamik um den Betrag des Pegelunterschiedes zwischen dem verstärkten und nichtverstärktem Audiosignal erhöht. Ein innerhalb der nachfolgenden digitalen Signalverarbeitung realisierter Algorithmus (hier nicht gezeigt) dient dazu, rechtzeitig vor der Übersteuerung des mit dem verstärkten Signal gespeisten Wandlers auf den zweiten Wandler umzuschalten. Die Übersteuerungsgrenze der Anordnung ist dann erreicht, wenn auch der zweite Wandler voll ausgesteuert ist.

- **Digital Input:** Der PRO C 28 besitzt Eingänge für Digitalsignale nach dem AES/EBU-Format auf XLR sowie für das S/PDIF-Format auf BNC. Bei Anliegen eines digitalen Audiosignals an einem der beiden Eingänge leuchtet die „*Locked*"-LED auf der Frontplatte des PRO C 28. Dies ist auch der Fall, wenn im nachfolgend beschriebenen Menüpunkt „*Input Select*" der analoge Eingang ausgewählt wurde.

- **Input Select:** Die Eingangsumschaltung geschieht im Main-Menü im Menüpunkt *Input Select*, hier symbolisch durch einen Umschalter angedeutet.

- **Digital Output:** Der Digitalausgang des PRO C 28 verwendet das AES/EBU-Format auf XLR. Über eine sich im Gerät befindliche Steckbrücke (Jumper) kann die Grundbetriebsart des Digitalausganges eingestellt werden: In der Jumperstellung „Digital Insert" (Standardeinstellung ab Werk) liegt am Digitalausgang das AD -gewandelte analoge Eingangssignal an, bei der zweiten Grundbetriebsart (Jumperstellung „Digital through") wird das am Digitaleingang anliegende Signal zum Digitalausgang durchgeschleift. In diesem Fall haben die Einstellungen im Menüpunkt *Digital Output* keine Funktion!

- **LED Bargraphs:** Die zwei LED-Ketten zeigen im Falle der Verwendung des analogen Eingangs den dort anliegenden Signalpegel an, also unabhängig von den Verstärkungseinstellungen des PRO C 28. Da der analoge Eingang des PRO C 28 bis +27 dBu ausgesteuert werden kann, symbolisieren die roten LEDs keine Übersteuerung des analogen Eingangs sondern weisen lediglich darauf hin, dass der Signalpegel die Schwelle von +6 dBu erreicht bzw. überschritten hat! Bei Ansteuerung mit Pegeln über +24 dBu wird eine evtl. Übersteuerung der AD-Wandler durch die „*AD Clip*"-LED auf der Frontplatte des PRO C 28 signalisiert. Bei Verwendung der digitalen Eingänge (AES/EBU oder S/PDIF) zeigen die LED-Ketten den Signalpegel hinter der IIR EQ Sektion an, d.h. die Anzeige wird in diesem Fall durch die Einstellungen der IIR EQs sowie des IIR EQ Gains beeinflusst. Wenn der parametrische EQ deaktiviert ist (Einstellung *EQ off* sowie *EQ Gain = 0dB* im EQ-Menü) leuchten bei einem digitalen Signalpegel von 0 dBFS am Eingang alle LEDs auf.

- **EQ Gain:** An dieser Stelle kann der digitale Signalpegel durch Wortbreitenänderung abgesenkt (angehoben) werden, um damit stärker angehobene (abgesenkte) Frequenzbänder im nachfolgenden parametrischen EQ auszugleichen. Die Einstellung wird über den Menüpunkt *EQ Gain* im EQ - Menü vorgenommen. Der hier eingestellte Wert ist auch dann gültig, wenn der PEQ ausgeschaltet ist, damit bei A/B-Vergleichen Pegelsprünge vermieden werden.

- **10-Band parametric IIR EQ:** Der parametrische EQ (PEQ) des PRO C 28 ist in IIR - Digitalfiltertechnik realisiert und besitzt 10 vollparametrische Bänder mit umschaltbarer Charakteristik. Mit ihm kann eine Systementzerrung, getrennt für den rechten und linken Kanal vorgenommen werden. Der PEQ wird im EQ - Menü in den Menüpunkten *EQ1...EQ10* eingestellt. Im Menüpunkt EQ on/off kann er, zum Beispiel zu Vergleichszwecken, aus dem Signalweg geschaltet werden. Die Bedienung des parametrischen EQs wird ausführlich in Kap. 5.2 besprochen.

- **Room IIR EQ:** Dieser Orts - EQ ist wie der PEQ in IIR – Digitalfiltertechnik realisiert und dient der einfachen Kompensation von aufstellungsbedingten Unlinearitäten im Frequenzgang. Die Einstellung erfolgt im Menüpunkt *EQ Set* des EQ - Menüs. Die Bedienung des Orts-EQs wird in Kap. 5.1 beschrieben.

- **Master Delay:** Das Master Delay ist der letzte Baustein in der Signalkette, bevor die vier Wege getrennt bearbeitet werden. Die Einstellungen dieses Zeitgliedes werden im Main - Menü im Menüpunkt *Master Delay* vorgenommen, wobei die Verzögerungszeit, die dann natürlich in allen vier Wegen gleichermaßen wirksam wird, in Meter oder Millisekunden eingestellt werden kann.

Im Anschluss erfolgt die getrennte Bearbeitung der einzelnen Lautsprecherwege. Da die einzelnen signalbeeinflussenden Baugruppen eines jeden Weges gleich sind, wird hier der Signalfluss des High - Weges stellvertretend für die übrigen (Mid-, Low-, Sub-) Wege beschrieben.
Die Mid-, Low- und Sub-Wege verfügen als einzigen Unterschied zum High-Weg zusätzlich über ein Downsamplingfilter, welches die System-Abtastfrequenz durch den Downsamplingfaktor (DS) teilt. Auf diese Weise wird in diesen Wegen bei reduzierter maximaler oberer Grenzfrequenz eine noch feinere Frequenzauflösung bei gleichbleibendem Rechenaufwand erreicht. Im Mitteltonweg erfolgt ein Downsampling um den Faktor 4, so dass die hier die Abtastfrequenz 44100Hz / 4 = 11025Hz beträgt und somit die maximale obere Nyquist-Grenzfrequenz bei 11025Hz / 2 = 5512.5 Hz liegt. Im Low- und Sub-Weg beträgt der Downsamplingfaktor 16, so dass sich in diesen Wegen eine maximale obere Nyquist-Grenzfrequenz von 1378Hz ergibt (Sämtliche Werte beziehen sich auf eine System-Abtastfrequenz von fs = 44,1 kHz!).
Durch diese Maßnahme werden die Signaldurchlaufzeiten der FIR-Filter bei linearphasigen Entzerrungen (siehe Kap. 1.5) auf tolerierbare Werte gehalten. Vor der DA-Wandlung wird das Downsampling durch ein inverses Oversamplingfilter wieder rückgängig gemacht.

- **High (Mid, Low, Sub) Delay:** Diese Zeitglieder ermöglichen eine getrennt für jeden Weg einstellbare Verzögerung. Die Bedienung der Delays erfolgt im Main - Menü im Menüpunkt *Channel Delay*.

- **High (Mid, Low, Sub) X-Over + Speaker EQ:** Als nächstes folgen die Wege - Bandpässe mit den darin enthaltenen Lautsprecherentzerrungen, beides realisiert in FIR - Digitalfiltertechnik. Hier ist hervorzuheben, dass nicht nur eine Entzerrung des Frequenzganges, sondern eine komplexe Entzerrung erfolgt, wozu auch der Phasengang gehört. Des weiteren ist in dieser komplexen Entzerrung nicht nur das akustische Verhalten des Lautsprechersystems, sondern auch das elektrische Verhalten der eingesetzten Endstufen und des PRO C 28 selbst einbezogen! Die Einstellung dieser FIR-Filter erfolgt automatisch durch das Laden des Lautsprecherparametersatzes im Main - Menü im Menüpunkt *Speaker Select*.

- **Gain:** Diese Funktion beeinflusst die Verstärkung des jeweilige Kanals. Das Maß der Absenkung oder Anhebung in den einzelnen Wegen wird durch die Einstellungen mehrerer Menüpunkte beeinflusst, die in zwei Klassen einzuteilen sind:

  1. Die eingestellten Werte in den Menüpunkten *Input Gain*, *Mute* und *analog/digital Gain Offset* (Main - Menü) werden in jedem Weg gleichermaßen wirksam.
  2. Bei den Menüpunkten *High (Mid, Low, Sub) Gain* und *High (Mid, Low, Sub) Mute* (ebenfalls im Main - Menu) kann man den Weg (oder die Wege) auswählen, in denen die Änderung der Verstärkung wirksam werden soll. (Anm.: die Funktion „Mute“ ist hier als verstärkungsbeeinflussende Funktion zu sehen [V=0], was der Realisierung dieser Funktion in der Praxis entspricht.)

- **Peak/RMS / Thermolimiter:** Die nun folgende Limiter - Anordnung, bestehend aus einem Peak/RMS Limiter und einem Thermolimiter dient der Verhinderung von Endstufenclipping, zu hoher Lautsprecherpeakleistung sowie der Begrenzung des maximalen Membranhubes. (Peak/RMS Limiter). Der Termolimiter dient dem Schutz vor thermischer Überlastung der Lautsprecher, verursacht durch eine zu starke Erwärmung der Lautsprecherschwingspule. Wie beim X-Over + Speaker EQ erfolgt auch hier die Einstellung der einzelnen Limiterparameter automatisch mit dem Laden des Lautsprecherparametersatzes. Lediglich die Release - Zeitkonstante des Peaklimiters kann im Main – Menü im Menüpunkt „Limiter Release“ eingestellt werden.

- **High (Mid, Low, Sub) Output Scaling:** Diese verstärkungsbeeinflussende Baugruppe bestimmt den Signalpegel, mit dem der nachfolgende DA Wandler angesteuert wird. Die Höhe der Anhebung oder Absenkung wird beeinflusst von den Limiter - Schwellenwerten, den Verstärkungen der Endstufen sowie den Verstärkungen der im nächsten Punkt besprochenen analogen Ausgangsstufen. Das Output Scaling wird mit dem Laden des Lautsprecherparametersatzes automatisch eingestellt.

- **Symmetrical Output Stage:** Die analogen Ausgangsstufen sind servo - symmetrisch ausgeführt: Bei unsymmetrischem Abschluss der Ausgangsbuchsen wird der Pegel der nicht auf Masse gelegten Ader um +6dB angehoben, so dass der resultierende Gesamtausgangspegel gleich bleibt. Mittels intern im Gerät setzbarer Steckbrücken (Jumper) kann der maximale Ausgangspegel des PRO C 28 für jeden Kanal und Weg getrennt in drei Stufen an die Verstärkung der eingesetzten Endstufen angepasst werden, um deren maximale Dynamik voll auszunutzen.

- **Analoge Ausgangsbuchse:** Die analogen Ausgänge des PRO C 28 liegen auf XLR-3 Verbindern. Zum Anschluss von K+H Studiomonitoren steht ein eigener Anschluss auf XLR-7 zu Verfügung. Er ist den High, Mid und Low - Buchsen parallelgeschaltet, so dass nur ein einziges Multicorekabel (als Zubehör erhältlich) zur Verbindung zwischen PRO C 28 und einem entsprechend vorbereiteten K+H Studiomonitor benötigt wird.

1.5 Die digitale Filtertechnologie

Allgemeines

Beim Digitalcontroller PRO C 28 ist die gesamte Audiosignalverarbeitung auf der digitalen Ebene mittels drei Signalprozessoren (DSP) vom Typ Motorola DSP 56009 realisiert, weswegen die analogen Eingangssignale des PRO C 28 zunächst einer AD-Wandlung unterzogen werden müssen. Der Übergang zurück in die analoge Ebene erfolgt erst, wenn sämtliche Bearbeitungen bzw. Manipulationen des Audiosignals in den einzelnen Wegen abgeschlossen sind (siehe hierzu auch das Blockschaltbild des PRO C 28 in Kapitel 1.3). Während nun die Verstärkungseinstellungen und die Limiterstrukturen eine über der Frequenz konstante Beeinflussung des Audiosignalpegels bewirken, ist die Einwirkung der einzelnen Filterfunktionen frequenzselektiv. Diese verschiedenen Filterfunktionen werden durch die Implementierung der IIR- und FIR-Digitalfilterstruktur auf der DSP-Hardware des PRO C 28 realisiert. In diesem Kapitel sollen nun die signaltheoretischen Grundlagen sowie der Aufbau der beiden Strukturen umrissen und deren Eigenschaften aufgezeigt werden.

In der folgenden Tabelle sind die einzelnen Filterfunktionen des PRO C 28 zusammen mit der zu ihrer Realisierung eingesetzten Struktur zusammengefasst:

Filterfunktion	Bemerkung	Verwendete Struktur
Frequenzweiche und Lautsprecherentzerrung	Realisiert mittels einer Filterstruktur (FIR-Bandpass) je Lautsprecherweg und Kanal	FIR, Anzahl der Koeffizienten abhängig vom Lautsprecherparametersatz
Parametrischer 10-Band EQ	Realisiert durch 10 einstellbare Filterstrukturen je Kanal	IIR
Orts-EQ	Wird durch 4 PEQ-Bänder realisiert	IIR
Downsampling	Zur Reduzierung der Abtastrate im Mid-, Low- und Sub-Weg vor den FIR-Bandpässen	FIR, 64 Taps (Koeffizienten)
Oversampling	Erhöhung der Abtastrate im Mid-, Low- und Sub-Weg nach den FIR-Bandpässen	FIR, 64 Taps (Koeffizienten)
Deemphasis	Kompensiert die Anhebung der hohen Frequenzen vor der AD-Wandlung durch das analoge Preemphasis-Filter	FIR

Allgemeines zu Digitalfiltern

Der Frequenz- und Phasengang eines digitalen Filters ergibt sich wie auch im analogen Bereich aus Betrag und Phase seiner komplexen Übertragungsfunktion, die wiederum durch eine inverse Z-Transformation aus der Impulsantwort des Filters gewonnen werden kann.
Die Z-Transformation kann dabei als das Pendant zur Fouriertransformation in der digitalen Ebene angesehen werden, sie ordnet also einer Zeitfunktion (Impulsantwort des Filters) eine bestimmte komplexe Übertragungsfunktion zu:
Impulsantwort und Übertragungsfunktion beinhalten die gleiche Information und beschreiben das jeweilige Digitalfilter vollständig!

Digitale Filter werden stets durch eine bestimmte Kombination von drei mathematischen Operationen realisiert, welche auf die einzelnen Datenwörter des digitalen Audiosignals angewendet werden:

- Addition von zwei Datenwörtern
- Multiplikationen eines Datenwortes mit einem konstanten Faktor (dem Filterkoeffizient)
- Verzögerung des Datenwortes um eine Abtastperiode

Das Rechenwerk (ALU = Arithmetic and Logic Unit) eines Mikroprozessors ist in der Lage, Additionen von zwei Variablen sowie die Taktverzögerung einer Variable durchzuführen. Die Multiplikation von zwei Varaiablen wird dabei durch eine entsprechende Aufaddierung des Multiplikanden erreicht.
Ist das Rechenwerk eines Mikroprozessors nun speziell auf die Durchführung dieser Operationen optimiert, spricht man von einem Digitalen Signalprozessor (DSP).

Ein Digitalfilter entsteht aus einer bestimmten Anordnung mehrer Additionen, Multiplikationen und Taktverzögerungen in Form einer sogenannten Struktur. Durch diese Struktur wird bereits die grundsätzliche Formel der Impulsantwort bzw. Übertragungsfunktion festgelegt, in der die einzelnen konstanten Faktoren aus den Multiplikationen als Variablen auftreten. Das typische Aussehen der FIR- und IIR-Filterstruktur wird weiter unten beschrieben. Bei den Variablen handelt es sich um die sog. Filterkoeffizienten des Digitalfilters. Werden sie durch Zahlenwerte ersetzt, ist die Impulsantwort bzw. Übertragungsfunktion dieser Anordnung vollständig definiert. Der Betrag der Übertragungsfunktion ist dann der zugehörige Frequenzgang, während die Phase der Übertragungsfunktion den entsprechenden Phasengang des Digitalfilters definiert.

Der Frequenz- und Phasengang der FIR- und IIR-Filter des PRO C 28 wird also letztendlich durch die Wahl der Filterkoeffizienten festgelegt. Diese Filterkoeffizienten werden im Englischen auch „Filtertaps“ genannt. Sie werden im Falle der FIR-Filter durch den Parametersatz definiert, während die IIR-Filterkoeffizienten direkt im PRO C 28 in Abhängigkeit der Einstellungen des parametrischen EQs (Kap 5.2) sowie des Orts-EQs (Kap. 5.1) berechnet werden.

Nachfolgend werden nun die beiden Grundstrukturen digitaler Filter vorgestellt und ihre Eigenschaften näher beschrieben.

IIR-Filterstruktur

Die Abkürzung „IIR“ steht für „Infinite Impulse Response“ und meint, dass die Impulsantwort dieser Filterstruktur zumindest in der Theorie eine unendlich lange Ausdehnung über der Zeitachse aufweist.
Dies entspricht dem theoretischen Verhalten eines analogen Filters, weswegen die Formel der Übertragungsfunktion des IIR-Filters auch derjenigen eines analogen Filters ähnelt und über die gleichen Eigenschaften verfügt, so dass man sich das IIR-Digitalfilter als ein auf der digitalen Ebene nachgebildetes Analogfilter veranschaulichen kann.

Die Abbildung 1.5/1 zeigt die in der Audiotechnik üblicherweise verwendete Realisierung des IIR-Filters mittels einer bestimmten Anzahl von hintereinandergeschalteten IIR-Filterblöcken 2. Ordnung, die im Englischsprachigen auch als „Biquads“ bezeichnet werden.

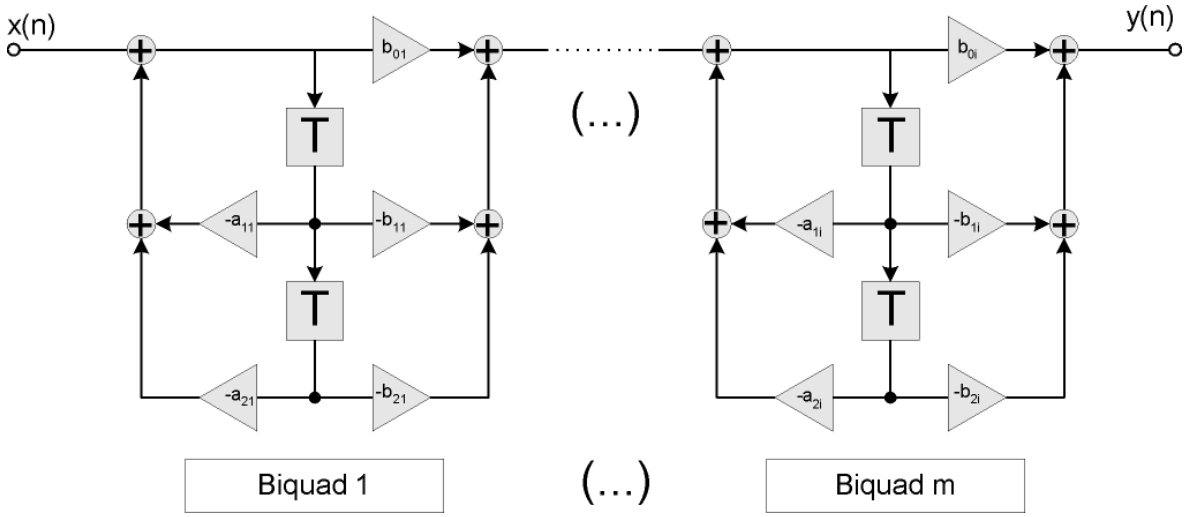


Abb. 1.5/1: Die IIR-Filterstruktur entsteht aus einer Kaskadierung von m Biquads

Durch die Hintereinanderschaltung ergibt sich die in der Abbildung gezeigte Kaskadenstruktur. Die dreieckigen Symbole stehen dabei für die bereits erwähnten Multiplikationen des Signals mit dem jeweiligen Filterkoeffizienten „a_{ij}“ oder „b_{ij}“, das „T“ steht für die Verzögerung der Datenwörter um eine Abtastperiode und die runden Symbole mit dem Pluszeichen kennzeichnen eine Addition.

Das wichtigste Merkmal des einzelnen IIR-Filterblockes (Biquad) ist seine rückgekoppelte Struktur, die durch die Zweige mit den Filterkoeffizienten realisiert ist. Durch diese Rückkopplung, deren Stärke durch die Werte der Koeffizienten beeinflusst werden kann, erhält die zugehörige Impulsantwort ihre unendliche Ausdehnung. Diesen Sachverhalt kann man sich leicht verdeutlichen, wenn man zum Zeitpunkt t = 0 einen einzelnen Impuls an den Eingang x(n) des Filters legt: Am Ausgang y(n) erscheint die „Antwort“ des Filters auf diesen einzelnen Impuls, die theoretisch betrachtet auch für $t \Rightarrow \infty$ niemals gleich Null wird, die Impulsantwort ist also „unendlich“.

Ein Biquad besitzt stets 5 Koeffizienten, wobei die drei Koeffizienten b_{ij} im Zähler und die Koeffizienten a_{ij} im Nenner seiner Übertragungsfunktion stehen. Der erste Index i eines Koeffizienten bezeichnet dabei seine Nummer innerhalb des Biquads, während der zweite (j) für die Nummer des Biquads innerhalb der Gesamtstruktur (siehe Abbildung) steht.
Die Übertragungsfunktion der Gesamtstruktur ergibt sich somit aus der Multiplikation der Übertragungsfunktionen der einzelnen Biquads, während sich ihre Filterordnung aus der Addition der Einzelordnungen (also einem Vielfachen von Bi = 2) ergibt.

Im Vergleich zu der anschließend beschriebenen FIR-Filterstruktur kommt die IIR-Kaskadenstruktur bei einer gegebenen Filterfunktion mit einer vergleichsweise geringen Anzahl von Rechenoperationen aus, auch wenn die Grundstruktur zunächst etwas komplizierter als diejenige des FIR-Filters anmutet.

Aufgrund der bereits angesprochenen Verwandtschaft zum analogen Filter ist es möglich, durch die Variation bestimmter Koeffizienten einen Einfluss auf verschiedenen Filterparameter (z.B. Trennfrequenz, Verstärkung, Güte, usw.) auszuüben, genauso wie dies z.B. durch die Variation der Kapazität C des analogen RC-Tiefpasses geschehen kann.

Diese Eigenschaften des IIR-Filters prädestinieren es für den Einsatz in allen Anwendungen, bei denen eine Änderung der Filterparameter in Echtzeit möglich sein muss und/oder wenn für eine bestimmte Filterfunktion nur eine begrenzte Rechenleistung zur Verfügung steht.
Aus diesen Gründen arbeiten z.B. sämtliche digitalen Equalizer, die parametrischen EQs digitaler

Mischpulte und auch die meisten marktüblichen digitalen Lautsprechercontroller auf der Basis dieser Struktur.

Wie beim analogen Filter ergibt sich jedoch bei einer (gewollten) Beeinflussung des Frequenzganges auch stets eine (meist ungewollte) Beeinflussung des Phasenganges, weswegen beim PRO C 28 für die Realisierung der Bandpassfilter für die Frequenzweiche und die Lautsprecherentzerrung nach Betrag und Phase auf die im folgenden beschriebene FIR-Filterstruktur zurückgegriffen wird.

FIR-Filterstruktur

Die Abkürzung „FIR“ steht für „Finite Impulse Response“ und bezieht sich wiederum auf die Länge der Impulsantwort des Filters, die aber diesmal zeitlich begrenzt ist. Hierdurch sind Filtereigenschaften möglich, die mit analogen Mitteln nicht zu erreichen sind, da Analogfilter grundsätzlich über eine theoretisch unendliche Impulsantwort (siehe oben) verfügen.

In Abb. 1.5/2 ist die in der Audiotechnik üblicherweise verwendete FIR-Filterstruktur, das sogenannte Transversalfilter, abgebildet.

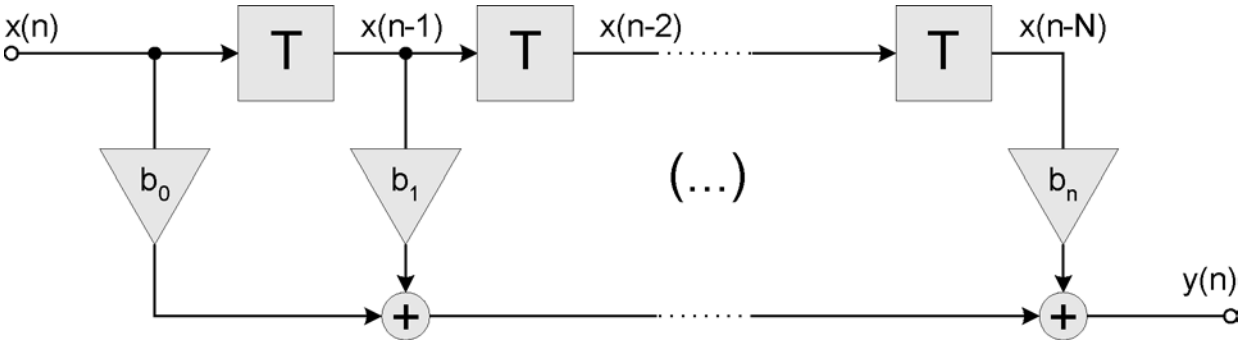


Abb. 1.5/2: FIR-Filterstruktur (Transversalfilter)

Wie auch beim IIR-Filter, so werden auch hier die Grundoperationen „Addition“, „Verzögerung“ und „Multiplikation mit den Filterkoeffizienten“ angewendet, allerdings in einer grundsätzlich unterschiedlichen Anordnung.

Der wichtigste Unterschied ist dabei die fehlende Rückkopplung des Ausgangssignals auf den Eingang, was in der Abbildung an den fehlenden Koeffizienten a_{ij} zu erkennen ist, die ja beim IIR-Biquad die Stärke der Rückkopplung beeinflusst haben. Diese Eigenschaft bedingt die zeitlich begrenzte Ausdehnung der Impulsantwort. Wie beim IIR-Filter, so kann man sich diese Eigenschaft auch hier durch ein Gedankenexperiment vor Augen führen: Legt man an den Eingang x(n) zum Zeitpunkt t=0 den Einzelimpuls an und beobachtet das Ausgangssignal y(n), so wird dieses zu einem bestimmten endlichen Zeitpunkt t1 aufgrund der fehlenden Rückkopplung auf Null abgefallen sein, die Antwort des FIR-Filters auf diesen einzelnen Impuls ist also „endlich“.

Das Transversalfilter besteht stets aus N Filterkoeffizienten sowie N-1 Addierer und Verzögerungsglieder. Die Zahl N wird auch als Filterlänge oder Filterordnung bezeichnet, wobei der Begriff Filterordnung nicht mit der Filterordnung des analogen oder digitalen IIR-Filters zu vergleichen ist.

Die komplexe Übertragungsfunktion des FIR-Filters, und damit sein Frequenz- und Phasengang, wird wie beim IIR-Filter durch die Wahl der Koeffizienten festgelegt.
Die Koeffizienten können hier allerdings z.B. so gewählt werden, dass der Phasengang trotz einer

Beeinflussung des Frequenzganges seinen linearen Verlauf beibehält, man spricht dann von einem linearphasigen FIR-Filter.
Darüber hinaus ist es durch die Wahl entsprechender Koeffizienten möglich, auch jeden anderen Phasenverlauf zu erreichen, und zwar unabhängig vom Verlauf des Frequenzganges. Diese Eigenschaft der FIR-Filter macht sich der PRO C 28 bei der linearphasigen Lautsprecherentzerrung zu nutze.

Ein Nachteil der FIR-Filterstruktur ist die Tatsache, dass die Filterparameter nicht durch die Variation bestimmter Koeffizienten beeinflusst werden können: Jede Änderung am Übertragungsverhalten des FIR-Filters macht stets die Neuberechnung sämtlicher Filterkoeffizienten erforderlich.

Außerdem bedingt die Struktur des FIR-Filters eine filterspezifische Grundlaufzeit , die sich wie folgt errechnet:

mit: *Taps* : Anzahl der Filterkoeffizienten (= Filterlänge)

$$t = \frac{Taps \cdot DS}{f_s \cdot 2}$$

DS : Downsamplingfaktor (zur Verringerung der Abtastrate) des Mid-, Low- und Sub-Weges
Mid: *DS* = 4, Low, Sub: *DS* = 16

f_s : System-Abtastfrequenz (44.1 kHz oder 48 kHz)

Die Problematik analoger Filter

Wie bereits im Unterpunkt zu den IIR-Digitalfiltern angedeutet, wird bei einem in analoger Technik realisierten Filter (und bei digitalen IIR-Filtern) der Phasenverlauf und damit die Gruppenlaufzeit durch den Betragsfrequenzgang des Filters bestimmt: Bei Hoch- bzw. Tiefpässen treten z.B. je nach Dämpfung und Steilheit der Filterflanken mehr oder weniger starke Abweichungen des Phasenverlaufes vom linearen Ideal bei den entsprechenden Frequenzen auf. Analog hierzu sind bei den Bandpässen die Phasenverläufe von der Güte und der Verstärkung bei der Mittenfrequenz abhängig.
Das Gesagte gilt übrigens auch für akustische Filter wie z.B. eine Bassreflexlautsprecherbox: Auch hier wird der Phasenverlauf durch den Betragsfrequenzgang, der typischerweise zu tiefen Frequenzen mit einer Flankensteilheit von 24 dB/Oct abfällt, bestimmt.

Nachfolgend sind einige Beispiele für analoge elektrische und akustische Filter abgebildet. Da der Verlauf des Phasenganges aufgrund der +/- 180 Grad-Sprünge oftmals schlecht zu interpretieren ist, wird zusätzlich der Verlauf der Gruppenlaufzeit abgebildet, der sich aus der Differentiation (Ableitung) des Phasenganges über die Frequenz wie folgt ergibt:

$$\tau_{GR}(f) = \frac{d}{dt}\left(\phi(f)\right)$$

mit: $t_{GR}(f)$: Gruppenlaufzeit
$\phi(f)$: Phasengang

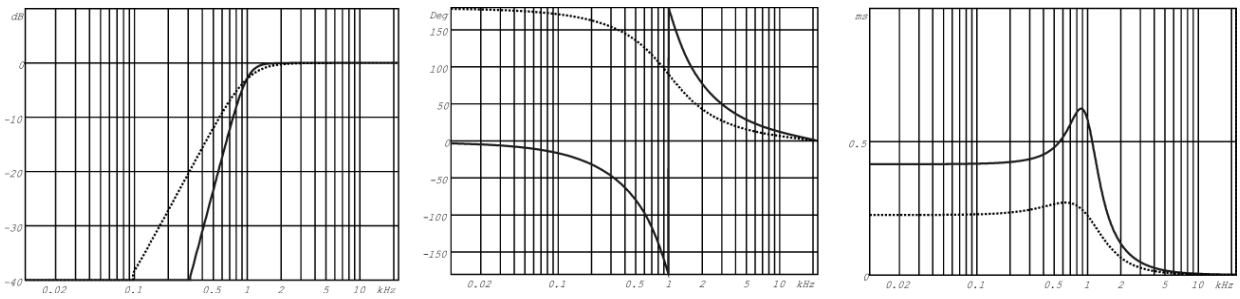


Abb. 1.5/3: Hochpass mit f3dB = 1 kHz 2. Ordnung (gestrichelt) sowie 4. Ordnung (durchgezogen): Links Betragsfrequenzgang, Mitte Phasenverlauf, Rechts Gruppenlaufzeit

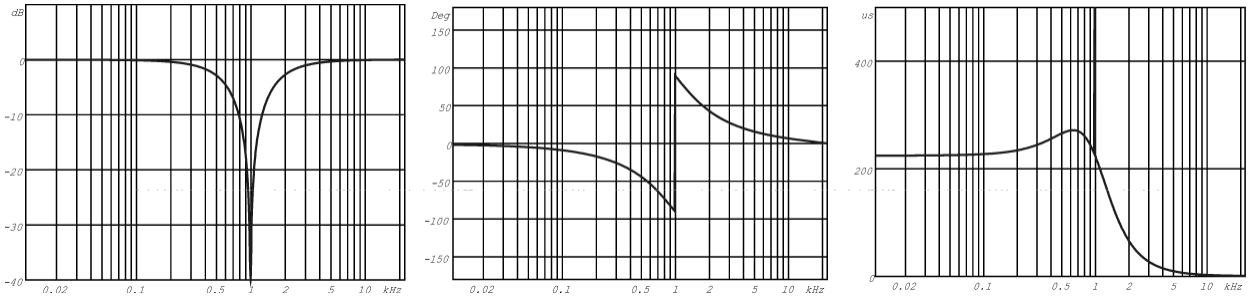


Abb. 1.5/4: Kerbfilter (Notch), Q = 2: Links Betragsfrequenzgang, Mitte Phasenverlauf, Rechts Gruppenlaufzeit

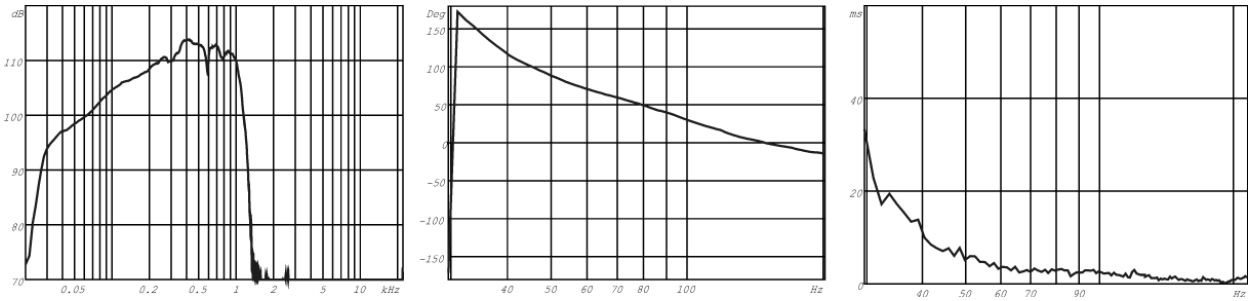


Abb. 1.5/5: Tiefton-Bassreflexlautsprecherbox: Links Betragsfrequenzgang, Mitte Phasenverlauf, Rechts Gruppenlaufzeit

Anhand der beiden Hochpässe in Abb. 1.5/3 erkennt man deutlich, wie die zunehmende Flankensteilheit auch den Phasenverlauf und damit auch den Verlauf der Gruppenlaufzeit stärker beeinflusst: Während sich die Phase des 12 dB/Oct Filters noch zwischen 0 Grad und +180 Grad bewegt, verläuft die Phase des 24 dB/Oct Filters zwischen -180 Grad und +180 Grad.
In Abb. 1.5/4 ist der Zusammenhang zwischen Phasenverlauf und Gruppenlaufzeit eines Systems sehr gut nachzuvollziehen.
Abb. 1.5/5 schließlich zeigt die Messung eines 12“ Tieftonlautsprechers in einem Bassreflexgehäuse mit einem Volumen von ca. 60l. Anhand der Gruppenlaufzeit in der rechten Messung ist der für Bassreflexgehäuse typische starke Anstieg der Gruppenlaufzeit zu sehen, deren Verlauf mit dem Abfall des Betragsfrequenzgangs (unterhalb der Abstimmfrequenz) um 24 dB/Oct korrespondiert. Bei geschlossenen Lautsprechergehäusen fällt der Betragsfrequenzgang mit 12 dB/Oct ab, was einen etwas geringeren Anstieg der Gruppenlaufzeit zu niedrigeren Frequenzen bewirkt.
Eine Gruppenlaufzeit gemäß der Abb. 1.5/5 (rechts) hat zur Folge, dass die niederfrequenteren

spektralen Komponenten eines Signals stärker durch das System (hier: Lautsprecher) verzögert werden als die höherfrequenten, d.h. die Signaldurchlaufzeit ist frequenzabhängig!

Die Abbildungen machen deutlich, dass die Gruppenlaufzeit analoger Systeme stets zu niedrigen Frequenzen hin ansteigt, so dass es nicht möglich ist, diesen signalverfälschenden Anstieg durch eine entsprechende Phasenentzerrung mittels Analogfilter zu beseitigen!

Die Phasenentzerrung beim PRO C 28

Aufgrund der im vorstehenden Unterpunkt dargelegten Nachteile der analogen Filtertechnik bestehen beim PRO C 28 aufgrund der besonderen Eigenschaften der FIR-Filterstruktur nun über die übliche Entzerrung des Frequenzganges hinaus vier grundsätzliche Möglichkeiten der Entzerrung / Beeinflussung des resultierenden akustischen Phasenganges des Gesamtsystems. Für jede Art der Phasenentzerrung muss ein eigener Lautsprecherparametersatz geladen werden. Standardmäßig sind in der Regel die folgenden Varianten der Phasenentzerrung möglich (Beispiel: 3-Wegesystem):

1. Linearphasige Lautsprecherentzerrung in allen Wegen (LLL-Entzerrung)
2. Minimalphasige Lautsprecherentzerrung im Low-Weg, linearphasige Lautsprecherentzerrung im Mid- und High-Weg (MLL-Entzerrung)
3. Minimalphasige Lautsprecherentzerrung im Low- und Mid-Weg, linearphasige Lautsprecherentzerrung im High-Weg (MML-Entzerrung)
4. Minimalphasige Lautsprecherentzerrung in allen Wegen (MMM-Entzerrung)

Die Bezeichnung „linearphasige Lautsprecherentzerrung“ ist nicht mit dem im Unterpunkt zu den FIR-Filterstrukturen genannten Begriff „linearphasige FIR-Filter“ zu verwechseln: Ein linearphasiges FIR-Filter verfügt selbst über einen linearen Phasengang, was in diesem Abschnitt nicht behandelt wird, während bei der linearphasigen Lautsprecherentzerrung die Koeffizienten des FIR-Filters in der Art bestimmt werden, dass das Filter einen Phasengang aufweist, der sich invers zu dem akustischen Phasengang des Lautsprechersystems (in Verbindung mit den zum Einsatz kommenden Endverstärkern und den analogen Baugruppen des PRO C 28 selbst) verhält, so dass sich bei Betrieb des Lautsprechersystems über dieses FIR-Filter **in Summe** ein linearer akustischer Phasengang einstellt.

Bei Systemen mit einem linearen akustischen Phasengang erfahren sämtliche spektralen Komponenten eines Signals die gleiche Durchlaufzeit durch dieses System!

Die Möglichkeit der linearphasigen Lautsprecherentzerrung ist nur bei der Verwendung der FIR-Filterstruktur gegeben, die aus diesem Grunde auch die Grundlage für das besondere Konzept des PRO C 28 darstellt.

Die Systemdurchlaufzeit entspricht der bereits im Abschnitt zur FIR-Filterstruktur formelmäßig beschriebenen filterspezifischen Grundlaufzeit **plus** dem mittleren Niveau der Gruppenlaufzeit des Tieftonlautsprechersystems, da in ihrem Verlauf der höchste Wert von allen drei Lautsprecherkomponenten auftritt.

Es gibt Anwendungen, bei denen diese Grundlaufzeit nicht toleriert werden kann. Für diesen Fall stehen Lautsprecherparametersätze gemäß Punkt 2. - 4. zur Verfügung, die den Phasengang in den entsprechenden Wegen in der Art entzerren, dass sich ein akustischer Phasengang mit sog. minimalphasigen Charakter ergibt. Dieser Phasenverlauf entspricht demjenigen eines analogen Systems, die Signaldurchlaufzeiten nehmen bei jeder Frequenz den minimal möglichen Wert an und sind damit nicht mehr konstant über der Frequenz wie bei der linearphasigen Entzerrung.

Komplexe Entzerrung eines 3-Wegesystems

Zum Abschluss soll beispielhaft die komplexe Entzerrung, also die Entzerrung von Frequenz- und Phasengang eines 3-Wegesystems anhand von Diagrammen gezeigt werden.
Abb. 1.5/6 zeigt die Beträge der Übertragungsfunktionen, also die Frequenzgänge der einzelnen Systemkomponenten. Hier sind zunächst im linken Diagramm die Frequenzgänge der drei Lautsprecherkomponenten dargestellt, die in Verbindung mit den später zum Einsatz kommenden Endverstärkern gemessen wurden und somit gleichzeitig deren elektrische Eigenschaften beinhalten. Das mittlere Diagramm zeigt die Frequenzgänge der FIR Bandpässe des PRO C 28 nach einer entsprechenden Parametrierung (der vierte Weg wird hier nicht verwendet).
Das rechte Diagramm zeigt eine Simulation des resultierenden Frequenzganges des Gesamtsystems bestehend aus Lautsprecherkomponenten, Endverstärker und PRO C 28, die sich aus der Multiplikation der Frequenzgänge der beiden Teilsysteme „Lautsprecher mit Endverstärker“ (Links) und „PRO C 28“ (Mitte) ergibt.

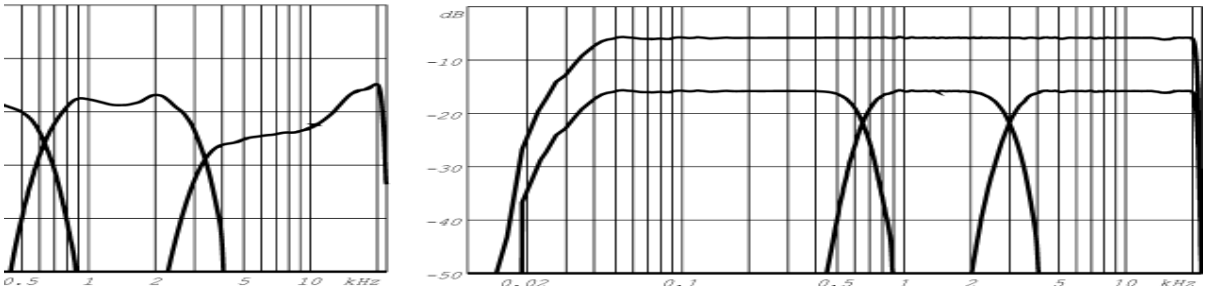


Abb. 1.5/6: Die Entzerrung des Frequenzganges eines 3-Wegesystems.
Links: Die akustischen Übertragungsfunktionen (Beträge) der drei Lautsprecherkomponenten
Mitte: Die elektrischen Übertragungsfunktionen (Beträge) der drei FIR-Bandpässe
Rechts: der Betrag der resultierenden akustischen Übertragungsfunktion des Gesamtsystems (errechnet)

In Abb. 1.5/7 ist die akustische Messung des Gesamtsystems aus Abb. 1.5/6 in einer reflexionsarmen Messumgebung gezeigt. Es ist eine gute Übereinstimmung mit der Berechnung zu erkennen.
Im rechten Diagramm der Abb. 1.5/7 ist schließlich der Verlauf der zum gemessenen resultierenden Frequenzgang gehörenden Gruppenlaufzeit dargestellt, einmal für den Fall der vollständig minimalphasigen Entzerrung (untere Kurve), für eine kompromissphasige Entzerrung (mittlere Kurve) und schließlich für den Fall der vollständig linearphasigen Entzerrung aller drei Lautsprecherwege (obere Kurve). Die Entzerrung des Frequenzganges wird dabei von der Wahl der Entzerrung des Phasenganges nicht beeinträchtigt!

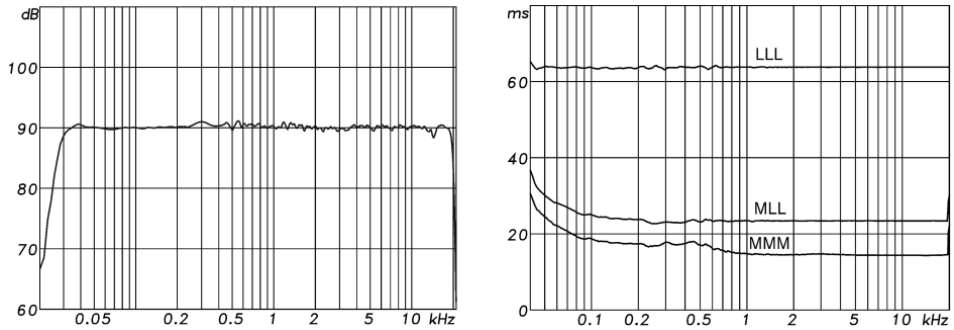


Abb. 1.5/7: Links: akustische Messung des resultierenden Frequenzganges des Systems aus Abb. 1.5/6
Rechts: zugehörige Gruppenlaufzeiten bei verschiedenen Phasenentzerrungen

Hinweis: Zur Erklärung bzw. Definition der verwendeten Begriffe wie z.B. komplexe Übertragungsfunktion, Gruppenlaufzeit, Gesamtsystem, usw. wird auf das Kap. 1.8 verwiesen.

1.6 Der Lautsprecherparametersatz

Der Lautsprecherparametersatz beinhaltet sämtliche Einstellungen des PRO C 28, um innerhalb eines bestimmten Gesamtsystems, bestehend aus Lautsprecherkomponenten, Endverstärker und PRO C 28 selbst den gewünschten Frequenz- und Phasengang sowie sämtliche Schutzfunktionen sicherzustellen.

Aus diesem Grunde verlangt jede Kombination von Lautsprechersystem und Endverstärker nach einem speziell hierfür ermittelten Lautsprecherparametersatz.

In der Übersicht auf der gegenüberliegenden Seite sind sämtliche Faktoren zusammengestellt, die im Lautsprecherparametersatz des PRO C 28 enthalten sind bzw. diesen beeinflussen.

Aus der Übersicht geht hervor, dass der Lautsprecherparametersatz weitaus mehr Faktoren berücksichtigt als die bei herkömmlichen Digitalcontrollern vorzunehmenden Einstellungen, die sich in der Regel auf die Wahl der Trennfrequenzen und Verstärkungen der einzelnen Wege, einer Entzerrung zur Linearisierung des Frequenzganges sowie die Einstellungen der Limiter beschränkt.

Die Gesamtheit der im Lautsprecherparametersatz enthaltenen Einstellungen wird in drei Gruppen eingeteilt, die jeweils eine Baugruppe des PRO C 28 beeinflussen:

1. Output - Scalingfaktoren
2. Filterkoeffizienten der FIR - Bandpässe
3. Limiter - Parameter

Im Signalflussplan aus Kap. 1.3 sind diese durch den Lautsprecherparametersatz beeinflussten Baugruppen gekennzeichnet, wodurch ihre Lage im Signalweg verdeutlicht wird.

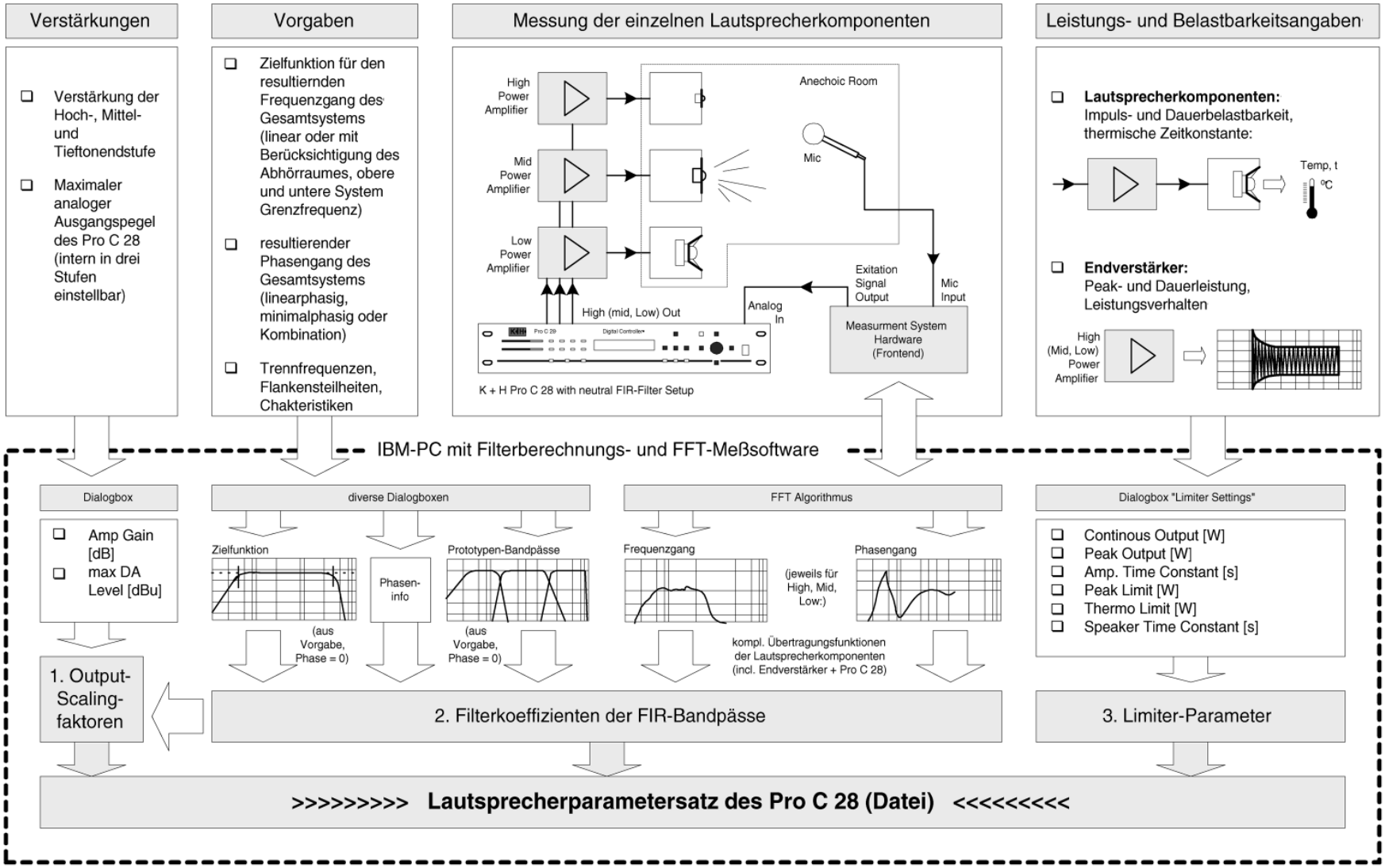
Die Gesamtheit der im Lautsprecherparametersatz enthaltenen Daten werden durch zahlreiche zu Beginn der Parametersatzerstellung einzugebenden Werte und Messungen bestimmt. Aus diesen wird dann mit Hilfe einer speziellen Filterberechnungssoftware der Parametersatz generiert.

Eingabe der Verstärkungen

Die Verstärkungen der einzelnen Endverstärker in dB sowie der maximale analoge Ausgangspegel des PRO C 28 in dBu sind mitbestimmend für die Berechnung der Output-Scalingfaktoren. Als Endstufenverstärkung wird dabei der höchste Wert im jeweiligen eingesetzten Frequenzintervall (High, Mid oder Low) herangezogen.

Der maximale analoge PRO C 28-Ausgangspegel ist für jeden Lautsprecherweg getrennt intern mittels Steckbrücken (Jumper) auf drei verschiedene Werte einstellbar: +16dBu, +10dBu, +4dBu. (Die jeweilige Einstellung richtet sich dabei nach der Verstärkung des entsprechenden Endverstärkers und wird in Kap. 2.5 erläutert.) Diese Werte werden der Berechnungssoftware zu Beginn der Parametersatzerstellung in einer Dialogbox mitgeteilt, wodurch sie dann in die Berechnung der Output-Scalingfaktoren einfließen.

Darstellung der im Lautsprecherparametersatz des Pro C 28 enthaltenen Informationen



Vorgaben für das resultierende akustische Verhalten des Gesamtsystems

Durch die hier zusammengefassten Parameter wird das resultierende akustische Übertragungsverhalten des Gesamtsystems in Betrag und Phase festgelegt.
Dies betrifft zunächst einmal den gewünschten Frequenzgang, der in der sog. Zielfunktion durch eine obere und untere Grenzfrequenz, die zugehörigen Flankensteilheiten und Charakteristiken sowie durch den Verlauf dazwischen definiert wird. Dieser Verlauf kann entweder linear gewählt werden oder schon eine bestimmte Raumkompensation beinhalten, die dann in den zu erstellenden Parametersatz mit eingearbeitet wird (siehe hierzu auch Kapitel 6.4: Raumspezifische Parametersätze).
Des Weiteren sind hier die Trennfrequenzen der einzelnen Wege mit den zugehörigen Flankensteilheiten und Charakteristiken enthalten.
Als drittes wird der resultierende akustische Phasengang durch die Wahl des Phasenentzerrung (linearphasig oder minimalphasig, getrennt für jeden Weg einstellbar) bestimmt.
Genau wie bei den Verstärkungen im vorhergehenden Punkt, so werden auch die Angaben dieses Punktes vor der Parametersatzerstellung per Dialogbox der Berechnungssoftware mitgeteilt, die dann hieraus die Frequenzgänge der Zielfunktion und der Prototypenbandpässe (noch ohne Lautsprecherentzerrung) berechnet, die in die eigentliche Filterkoeffizientenberechnung einfließen.

Messung der einzelnen Lautsprecherkomponenten

Damit das Gesamtsystem später auch tatsächlich über den im vorherigen Punkt definierten Frequenz- und Phasengang verfügt, müssen der Berechnungssoftware die komplexen Übertragungsfunktionen der einzelnen Lautsprecherkomponenten sowie diejenigen der einzelnen Endverstärker und des PRO C 28 selbst zugänglich gemacht werden (hierin ist ein entscheidender Unterschied des PRO C 28 zu marktüblichen Digitalcontrollern begründet, bei denen i.d.R. nur die Lautsprecherfrequenzgänge mit einigen parametrischen EQs bearbeitet werden).
Hierzu werden im Vorfeld der Parametersatzerstellung die akustischen Übertragungsfunktionen der einzelnen Lautsprecherkomponenten in einer reflexionsarmen Umgebung („schalltoter Raum“) gemessen.
Damit die genannten Übertragungsfunktionen der Endverstärker und das Eigenverhalten des PRO C 28 nicht gesondert gemessen werden müssen, werden die Lautsprecherkomponenten bei der Messung ihrer Übertragungsfunktionen gleich an den später einzusetzenden Endverstärkern betrieben, die wiederum ihr Signal aus dem PRO C 28 beziehen. Damit dieser die Messergebnisse nicht verfälscht, wird für die Messungen ein spezieller Lautsprecherparametersatz geladen, der den FIR-Bandpässen eine neutrale Übertragungsfunktion verleiht und die Limiter auf ihre Maximalwerte setzt. Eventuelle Nichtlinearitäten der Hardware des Messsystems und / oder des Mikrofons werden durch eine vorher durchgeführte Referenzmessung bzw. durch eine Kompensationsdatei ausgeglichen.
Die so ermittelten Messungen liegen nun der Filterberechnungssoftware vor, um sie in die Ermittlung der Filterkoeffizienten einzubeziehen.

Eingabe der Leistungs- und Belastbarkeitsangaben

Aus den Leistungs- und Belastbarkeitswerten der Endverstärker bzw. Lautsprecherkomponenten werden die Parameter der Limiter festgelegt.
Die Ermittlung der im Diagramm aufgezählten Daten erfolgt im Vorfeld der Parametersatzerstellung durch entsprechende Messungen der einzelnen Lautsprecherkomponenten bzw. Endverstärker.
Die Werte werden dann in eine Dialogbox der Filterberechnungssoftware eingegeben, worauf diese hieraus dann die entsprechenden Parameter für die digitalen Limiterstrukturen des PRO C 28 berechnet und im Lautsprecherparametersatz abspeichert.

1.7 Peak/RMS- und Thermolimiter

Allgemeines

Der Limiter eines Lautsprecher-Controllers hat zwei wichtige Aufgaben: Zum einen soll er das anzusteuernde Lautsprechersystem vor Zerstörung schützen und zum anderen dient er der Vermeidung von Verzerrungen. Um diese Forderungen mit absoluter Zuverlässigkeit zu erfüllen, besteht das digitale Limiter-Konzept des PRO C 28 aus zwei getrennten Limiterstrukturen, die jeweils getrennt für jeden einzelnen Lautsprecherweg implementiert sind. Die erste Struktur mit ihrer kürzeren Zeitkonstante bietet eine Peak- sowie eine RMS-Limitierung, während die zweite Struktur mit ihrer längeren Zeitkonstante eine Limitierung der Dauerleistung bewirkt.
Über die Anordnung der Limiter im Signalweg des PRO C 28 gibt das Blockschaltbild in Kapitel 1.3 Aufschluss. Das Blockschaltbild am Ende dieses Kapitels zeigt den detaillierten Aufbau der Limiterstrukturen.

Belastbarkeit des Lautsprechersystems

Das anzusteuernde Lautsprechersystem kann auf zwei verschiedene Arten irreversiblen Schaden nehmen:
Auf der einen Seite kann ein zu hoher Leistungsimpuls eine unzulässig große Auslenkung der Lautsprechermembrane bewirken, so dass die Schwingspule, die Membrane oder die Zentrierspinne beschädigt werden. Die zu Vermeidung dieser durch mechanische Einwirkung erfolgten Zerstörung maximal erlaubte Belastung ist durch die Angabe der Impuls- oder Peakbelastbarkeit des Lautsprechers festgelegt. Außerdem wird ein maximal möglicher Membranhub des Lautsprechers definiert, bei dessen Überschreitung bleibende Schäden verursacht werden.
Zum anderen führt die Zuführung einer zu hohen Dauerleistung zu einer übermäßigen Erwärmung der Lautsprecherschwingspule, wodurch diese durchbrennen bzw. sich der zu ihrer Befestigung am Spulenkörper dienende Kleber auflösen kann.

Im PRO C 28 wird die maximale Dauerleistung durch den Thermolimiter auf das spezifische Maximum der Lautsprecherchassis begrenzt um so einer thermischen Zerstörung entgegenzuwirken. Die zweite Limiterstruktur, der Peaklimiter, begrenzt die maximale Peakleistung, die auf den Lautsprecher gegeben wird, so dass die maximale Membranauslenkung jederzeit eingehalten wird.

Verzerrungen der Endverstärker

Das Leistungsniveau der zur Ansteuerung der Mittel- und Hochtonlautsprechersysteme eingesetzten Endverstärker wird im Normalfall weit über der maximalen Belastbarkeit der entsprechenden Lautsprecher liegen, so dass von ihrer Seite aus keine Verzerrungen zu erwarten sind.
Im Gegensatz hierzu werden die Endverstärker, welche die Low- und Sub-Lautsprechersysteme ansteuern, in der Regel an ihrer Leistungsgrenze betrieben, so dass hier durchaus bei Ausgangsleistungen, die noch unterhalb der Impulsbelastbarkeitsgrenze der Lautsprecher liegen Verzerrungen auftreten können. Im PRO C 28 wird dieser Betriebsfall durch den in „vorausschauender“ Arbeitsweise betriebenen Peaklimiter sicher vermieden.
Handelsübliche Endverstärker sind normalerweise je nach Auslegung des Netzteiles in der Lage, eine unverzerrte Peakleistung an das Lautsprechersystem abzugeben, die um einiges über der maximalen Dauerleistung liegt. Im Peaklimiter erfolgt eine entsprechende Berücksichtigung dieser Eigenschaft, damit die für die Impulsleistung sehr wichtigen kurzzeitigen Spitzenausgangspegel nicht begrenzt werden. Durch die RMS-Limiterung wird zusätzlich die Dauerleistung des Endverstärkers auf den maximalen Wert begrenzt, so dass der Endverstärker unter keinen Umständen in die Begrenzung ausgesteuert wird.

Einstellen der Limiter-Parameter

Die Limiter-Parameter müssen ähnlich wie die Filterkoeffizienten zur Einstellung der Frequenzweichenfunktion und der Lautsprecherentzerrung individuell für jede Kombination von Lautsprechersystem und Endverstärker ermittelt werden. Sämtliche Einstellungen sind aus diesem Grunde im Lautsprecherparametersatz des PRO C 28 enthalten und können nachträglich nicht verändert werden mit Ausnahme der Release-Geschwindigkeit des Peak/RMS Limiters (siehe auch weiter unten). Im Rahmen der Erstellung der Lautsprecherparametersätze im K + H Akustiklabor werden die Limiterparameter für die entsprechenden K + H Lautsprecher und Endverstärker optimiert. Eine nachträgliche Veränderung hätte eine Verschlechterung der Systemleistung oder der Klangqualität zur Folge.

Bei der Verwendung von Endverstärkern und/oder Lautsprechersystemen anderer Hersteller oder bei speziellen Anwendungen besteht jedoch die Möglichkeit der Erstellung eines neuen Lautsprecherparametersatzes mit entsprechend angepassten Limiter-Parametern.

Diese Änderung des Parametersatzes wird auf besondere Vereinbarung von K + H oder von Subunternehmen als kostenpflichtige Dienstleistung durchgeführt.

Funktionsweise der Limiter des PRO C 28

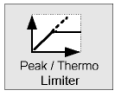
Es folgt nun eine Beschreibung der im digitalen Konzept des PRO C 28 implementierten Limiterstrukturen im Hinblick auf deren prinzipielle Funktionsweise sowie unter Berücksichtigung der einzelnen Lautsprecher- und Endverstärkereigenschaften, welche die einzelnen Limiterparameter bestimmen. Die Ausführungen beziehen sich dabei auf die auf der gegenüberliegende Seite abgebildete schematische Darstellung.

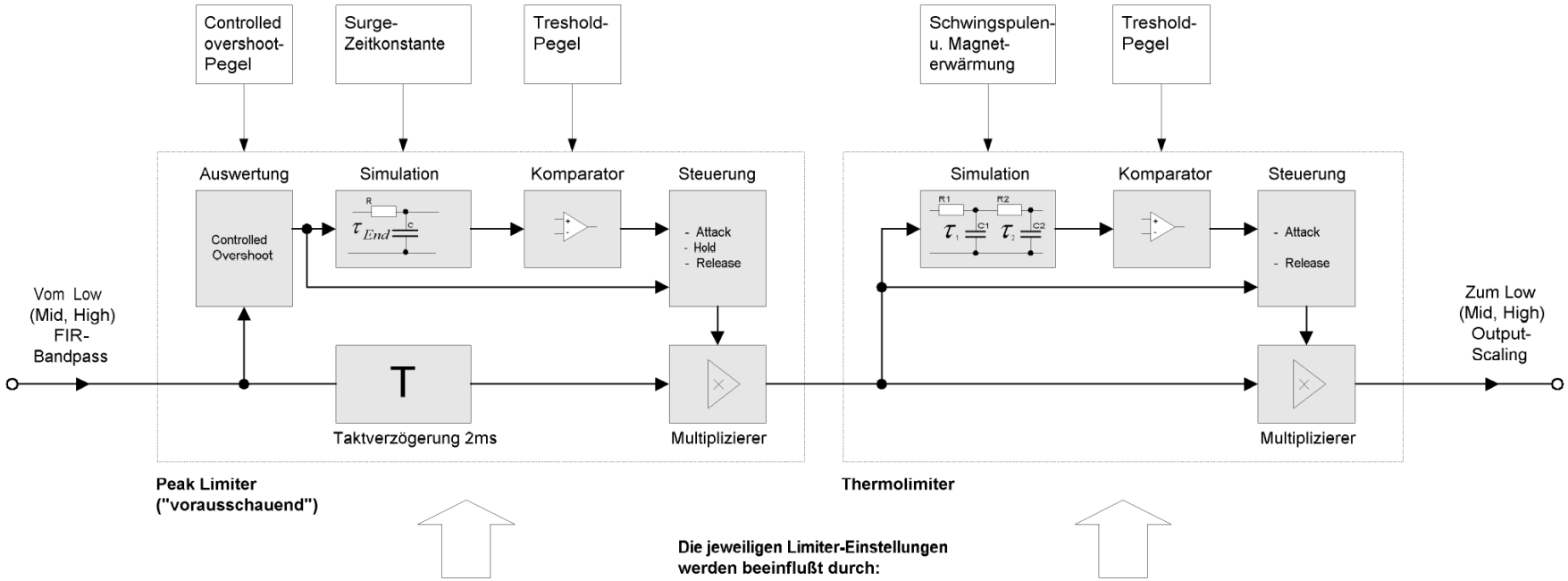
Peak/RMS Limiter

Das von der entsprechenden FIR-Filterstruktur ankommende Signal des High-, Mid-, Low oder Sub-Weges wird zunächst der Bearbeitung durch den Peak/RMS Limiter unterworfen. Wie bereits angedeutet arbeitet dieser „vorausschauend“, d.h. die Begrenzung erfolgt nicht etwa wie bei Analoglimitern üblich erst beim Auftreten einer Überschreitung des Signalpegels am Limiterausgang, sondern schon vorher, indem das Signal für die Dauer der Berechnung einer entsprechenden Verstärkungsreduzierung verzögert wird. Dadurch wirkt die notwendige Absenkung des Signalpegels exakt zum richtigen Zeitpunkt.
Der Peak/RMS Limiter begrenzt das Signal auf denjenigen Ausgangspegel des PRO C 28, an dem der jeweils angeschlossene Endverstärker seine maximale Dauerleistung an den Lautsprecher abgibt. Aus diesem Grunde werden zur Ermittlung des Threshold-Wertes Angaben zur Dauerleistung und Verstärkung der Endverstärker benötigt. Um die bereits angesprochene Eigenschaft des Endverstärkers relativ hohe Peakleistungen zu liefern bei der Begrenzung zu berücksichtigen, wird im Falle einer Pegelüberschreitung ein sogenannter „Controlled Overshoot“ zugelassen, indem die Thresholdschwelle zu Beginn des Limitierungsvorganges auf einen höheren Wert gesetzt ist. Dieser höhere Wert wird durch die maximale Peakleistung des zum Einsatz kommenden Endverstärkers bestimmt, falls diese unter der maximalen Impulsbelastbarkeit des Lautsprechers liegt, was im Falle der Low- und Sub-Lautsprecherwege in der Regel der Fall ist. Beim Mid- und High-Lautsprecherweg ist dagegen in der Regel die Impulsbelastbarkeit des Lautsprechers maßgebend. Die Dauer des Controlled Overshoots wird durch eine Simulation des Endverstärkerverhaltens auf Basis einer speziellen Zeitkonstante ermittelt. Diese sogenannte Surge-Zeitkonstante entspricht derjenigen Zeit, innerhalb der der entsprechende Endverstärker in der Lage ist, seine maximale Peakleistung zu liefern, bevor die Leistung auf die maximale Dauerleistung einbricht. Diese Zeit ist von der Auslegung des Endverstärkernetzteiles abhängig und muss wie auch die übrigen Endverstärkerdaten für jeden Endverstärker-Typ eigens ermittelt werden. Bei einer unter

Schematische Darstellung des digitalen Limiterkonzeptes im Pro C 28

Symbol im Signalflussplan:
(Kap. 1.3)





Leistungsverstärker:

- Dauerleistung (bestimmt Theshold-Pegel)
- Peakleistung (bestimmt controlled overshoot-Pegel)
- Zeitintervall, innerhalb dem die Peakleistung auf die Dauerleistung abgefallen ist (bestimmt Surge-Zeitkonstante)

Lautsprecherkomponente:

- Impulsbelastbarkeit (bestimmt controlled overshoot-Pegel)

Lautsprecherkomponente:

- Dauerbelastbarkeit (beeinflußt den Threshold-Pegel)
- Zeitkonstante der Schwingspulenerwärmung (bestimmt die 1. Zeitkonstante)
- Die Zeitkonstante der Magneterwärmung wird aus der 1. Zeitkonstante errechnet (bestimmt die 2. Zeitkonstante)

den vorstehend beschriebenen Bedingungen detektierten Pegelüberschreitung wird nun die Attackphase ausgelöst, die über eine konstante Länge und eine an Art und Stärke der Pegelüberschreitung dynamisch angepasste Steilheit verfügt. Wenn keine weitere Überschreitung mehr detektiert wird, schließt sich hieran eine ebenfalls durch die Überschreitung sowie den nachfolgenden Signalverlauf dynamisch angepasste Hold-Phase an, innerhalb der die zum Ende der Attackphase vorliegende Verstärkungsreduzierung erhalten bleibt.
Bleiben weitere Pegelüberschreitungen aus, wird im Anschluss an die Holdphase die Release-Phase eingeleitet, innerhalb der die Verstärkungsreduzierung wieder rückgängig gemacht wird. Die Geschwindigkeit dieser Rücknahme ist der einzige Limiter-Parameter, der vom Anwender nachträglich eingestellt werden kann, um so eine optimale Anpassung an das jeweilige Audiomaterial sicherzustellen. Die Release-Geschwindigkeit kann im Menüpunkt *15 Limiter Release* des Main-Menüs zwischen 10...250dB/s eingestellt werden.

Thermolimiter

Nachdem das Audiosignal den Peak/RMS Limiter passiert hat, folgt als nächstes die Thermolimiterstruktur. Dieser Limiter wirkt wie bereits angedeutet einer thermischen Überlastung der jeweiligen Lautsprecherkomponente entgegen. Eine Signalüberschreitung wird hier auf die maximale Dauerbelastbarkeit des Lautsprechers begrenzt, bei der keine thermische Zerstörung auftreten kann. Aus diesem Grunde wird die Thresholdschwelle, ab der eine Pegelüberschreitung signalisiert wird durch diese maximale Dauerbelastbarkeit des Lautsprecherchassis bestimmt. Die Attack-Zeit wird, ständig aktuell, aus der momentanen Schwingspulen- und Magnettemperatur des Lautsprechers berechnet, die durch eine Simulation des thermischen Lautsprecherverhaltens auf Basis von zwei Zeitkonstanten ermittelt wird. Dabei repräsentiert die kleinere Zeitkonstante das Temperaturverhalten der Lautsprecherschwingspule, während die größere das des Magneten wiederspiegelt. Durch diese Vorgehensweise kann der Temperaturanstieg der Schwingspule mit ausreichender Genauigkeit ermittelt werden. Die Zeitkonstante für die Schwingspule wird dabei durch eine entsprechende Messung des jeweils verwendeten Lautsprechersystems ermittelt, während diejenige des Magneten aus der ersten errechnet wird. Im Gegensatz zum Peak/RMS Limiter schließt sich hieran keine Holdphase, sondern direkt die Release-Phase an, deren Dauer dynamisch in Abhängigkeit vom aktuellen Signalpegel ermittelt wird.

1.8 Erklärung wichtiger Begriffe

FIR - Bandpässe

Die FIR - Bandpässe des PRO C 28 besorgen sämtliche erforderlichen Eingriffe im Frequenz- und Phasengang, um eine den Sollvorgaben entsprechende ⇒ resultierende Funktion des ⇒ Gesamtsystems zu erreichen. Diese komplexe Entzerrung des Lautsprechersystems erfordert den Einsatz der FIR -Digitalfiltertechnik, die eine unabhängige Bearbeitung von Betrag und Phase eines Signals ermöglicht. Die FIR - Bandpässe werden durch die ⇒ Parametrierung eingestellt und können vom Anwender nicht beeinflusst werden.

Gain Ranging

Mit Gain Ranging wird ein Verfahren zur Analog/Digitalwandlung von Audiosignalen bezeichnet, bei dem zur Vergrößerung der maximal möglichen Eingangsdynamik zwei Wandler pro Audiokanal eingesetzt werden. Der eine A/D-Wandler wird direkt durch das Audiosignal gespeist, während dem zweiten A/D-Wandler das um einen bestimmten Pegel verstärkte Audiosignal zugeführt wird. Hierdurch wird die maximal mögliche Eingangsdynamik um den Pegelunterschied zwischen dem verstärkten und nichtverstärktem Audiosignal erhöht. Eine nachfolgende digitale Signalverarbeitung dient dazu, rechtzeitig vor der Übersteuerung des mit dem verstärkten Signal gespeisten Wandlers auf den zweiten Wandler umzuschalten. Die Übersteuerungsgrenze der Anordnung ist dann erreicht, wenn auch der zweite Wandler voll ausgesteuert ist. Ein Regelkreis überwacht dabei ständig die Verstärkungsdifferenz und DC-Verhältnisse der beiden Stufen und kompensiert diese, um Schaltverzerrungen zu verhindern.

Gesamtsystem

Das Gesamtsystem setzt sich stets aus den folgenden drei Komponenten zusammen:

1. Digitalcontroller PRO C 28,
2. Endverstärker,
3. ⇒ Lautsprechersystem

Für jedes Gesamtsystem muss ein eigener ⇒ Lautsprecherparametersatz ermittelt werden, um die Eigenschaften der darin enthaltenen Komponenten zu berücksichtigen.

Gruppenlaufzeit

Wenn man den ⇒ Phasengang nach der Frequenz differenziert, erhält man die Gruppenlaufzeit (*engl. group delay*). Diese beschreibt über der Frequenz die zeitliche Verzögerung, die eine spektrale Komponente (z.B. eines Tones) bei der Übertragung über das jeweilige System erfährt.

IIR - Digitalfilter

Der Orts - EQ und der parametrische EQ sind beim PRO C 28 in IIR- Digitalfiltertechnik realisiert, die vielfältige Beeinflussungsmöglichkeiten im Frequenzgang durch den Anwender bei vergleichsweise geringem Rechenaufwand gewährleistet. Der Nachteil der IIR - Digitalfilter sind die Phasenunlinearitäten, die genau wie bei in Analogtechnik realisierten Filtern im Zuge der Frequenzbeeinflussung auftreten, und zwar um so stärker, jehöher die Anhebung oder Absenkung sowie die Filtergüte ist.

Impulsantwort

Wird ein System mit einem idealen Impuls (Dirac-Stoß: unendlich schmaler und hoher Einzelimpuls) an seinem Eingang beaufschlagt, erhält man am Ausgang des Systems die Impulsantwort. Durch die Angabe der Impulsantwort ist das System vollständig beschrieben, und durch die Anwendung der Fouriertransformation wird die Impulsantwort aus dem Zeitbereich in die Frequenzebene transformiert und man enthält die ⇒ komplexe Übertragungsfunktion des Systems. Impulsantwort und komplexe Übertragungsfunktion beinhalten also dieselbe Information über das System.

Komplexe Übertragungsfunktion

Die komplexe Übertragungsfunktion eines Systems beschreibt allgemein das Verhältnis zwischen dem am Ausgang des Systems anliegenden Signal geteilt durch das am Eingang anliegende. Durch die komplexe Übertragungsfunktion werden die elektrischen bzw. akustischen Eigenschaften des System vollständig beschrieben: Ihr Betrag, aufgetragen über der Frequenz, wird auch als Amplitudengang oder Frequenzgang des Systems bezeichnet, während ihre Phase auch als ⇒ Phasenverlauf oder Phasengang bezeichnet wird. Wenn man die komplexe Übertragungsfunktion mittels der inversen Fouriertransformation in den Zeitbereich überführt, ergibt sich die ⇒ Impulsantwort des Systems. Impulsantwort und komplexe Übertragungsfunktion besitzen denselben Informationsgehalt, also z.B. Amplitudengang, Frequenzgang, Zerfallspektrum, Gruppenlaufzeit, Ortskurve, usw.

Lautsprecher-Parametersatz

Der Lautsprecherparametersatz ist eine spezifische Datei des PRO C 28, in der alle internen Einstellungen desselben enthalten sind, um in einem bestimmten ⇒ Gesamtsystem eine ⇒ resultierende Funktion zu erreichen, die in ihrem Betragfrequenzgang der ⇒ Zielfunktion entspricht und deren Phasengang die vorgegebenen Bedingungen erfüllt. Für jedes Gesamtsystem existiert also ein eigener Lautsprecherparametersatz, der im K+H Akustiklabor ermittelt wird. Der Lautsprecherparametersatz wird bei der Installation des Controllers vom Anwender einmalig geladen, die Einstellungen innerhalb eines Lautsprecherparametersatzes können nachträglich nicht verändert werden. So sind zum Beispiel die standardmäßig im PRO C 28 enthaltenen Lautsprecherparametersätze für die Verwendung mit Gesamtsystemen bestehend aus K+H Komponenten so ermittelt, dass sich unter reflexionsarmen Bedingungen ein linearer Betragsfrequenzgang und je nach Lautsprecherparametersatz linearer oder minimaler Phasenfrequenzgang des Gesamtsystems ergibt.

Lautsprechersystem

Das Lautsprechersystem besteht im Falle einer PA-Anlage aus der Hoch-, Mittel- und Tieftonlautsprecherbox sowie einem evtl. vorhandenen Subwoofer. Im Falle der Ansteuerung eines Studiomonitors sind der Hoch- Mittel- und Tieftontreiber des Monitors gemeint, auch hier wieder evtl. ergänzt durch einen Subwoofer. Das Lautsprechersystem kann dabei auch selbst vorgeschaltete passive frequenz- oder phasenbeeinflussenden Netzwerke besitzen, die dann entsprechend berücksichtigt werden.

Linearphasig

Ein linearphasiges System ist dadurch gekennzeichnet, dass die Phase der Übertragungsfunktion eine lineare Funktion von der Frequenz ist. Hierdurch ergibt sich eine konstante ⇒ Gruppenlaufzeit dieses Systems, was bedeutet, dass alle spektralen Komponenten z.B. eines Tones die

gleiche Verzögerung durch das jeweilige System erfahren, d.h. sie „erscheinen“ alle mit der gleichen Verzögerung am Ausgang.

Minimalphasig

Bei einem minimalphasigen System ist die Phase der Übertragungsfunktion im Gegensatz zum ⇒ linearphasigen System keine lineare Funktion von der Frequenz. Der Phasengang eines minimalphasigen Systems bedingt eine Gruppenlaufzeit, die bei jeder Frequenz ihren minimalen Wert besitzt, d.h. jede einzelne spektrale Komponente eines Signals erfährt die jeweils kürzest mögliche Verzögerungszeit durch das System, wobei die einzelnen spektralen Komponenten natürlich mit verschiedenen Verzögerungszeiten am Ausgang des Systems „erscheinen“.

Output Scaling

Das Output - Scaling legt die Wertebereiche der digitalen Pegel fest, die nach der digitalen Signalverarbeitung auf die D/A-Wandler der einzelnen Wege gegeben werden.

Parametrierung

Unter Parametrierung wird im Rahmen dieser Bedienungsanleitung das Aufrufen des bereits erstellten und in den PRO C 28 geladenen ⇒ Lautsprecherparametersatzes verstanden. Erst zu diesem Zeitpunkt ist der PRO C 28 mit den nötigen Grundeinstellungen versehen, um im Rahmen eines ⇒ Gesamtsystems die gewünschte ⇒ resultierende Funktion aufzuweisen.

Peak/RMS Llimiter

Der Peak/RMS Limiter dient dem Schutz vor Endverstärkerclippen (RMS- und Peakleistungsbegrenzung) sowie der Begrenzung kurzzeitiger Leistungsimpulse, mit denen die Lautsprecherkomponenten beaufschlagt werden. Jeder Lautsprecherweg besitzt einen eigenen Peaklimiter. Um einen absoluten Schutz zu gewährleisten, arbeitet der Peaklimiter vorrausschauend. Dies wird durch eine geringe Signalverzögerung, die der Periodendauer der niedrigsten zu schützenden Frequenz entspricht, ermöglicht. Des weiteren besitzt er eine kleine Zeitkonstante, um eine kurze Ansprechzeit (Attack - Time) zu gewährleisten.

Phasengang

Wenn man die Phase der ⇒ komplexen Übertragungsfunktion eines Systems über der Frequenz aufträgt, erhält man den Phasengang dieses Systems. Der Phasengang (oder Phasenverlauf, *engl. phase response*) eines Systems beschreibt die Phasenverschiebung zwischen einem am Ausgang des Systems anliegenden (sinusförmigen) Signal gegenüber dem eingespeisten Signal. Hierbei kann es sich natürlich auch um eine der spektralen Komponenten eines Tones handeln.

Resultierende Funktion

Die resultierende Funktion ist die akustisch gemessene komplexwertige Übertragungsfunktion des ⇒ Gesamtsystems. Der Betrag dieser Funktion stellt den Frequenzgang und ihre Phase den Phasengang des Gesamtsystems dar. Dem Frequenzgang wird als Sollkurve die ⇒ Zielfunktion zugrunde gelegt. Als Soll-Verlauf des Phasenganges kann ⇒ Minimalphasigkeit, ⇒ Linearphasigkeit oder eine Kombination aus beiden vorgeschrieben werden.

Setup

Die Gesamtheit aller Einstellungen im Main- bzw. EQ - Menü des PRO C 28 incl. des geladenen ⇒ Lautsprecherparametersatzes wird als (Main- bzw. EQ-) Setup des PRO C 28 bezeichnet. Ein Setup kann unter einem vom Anwender einzugebenen Setup-Namen abgespeichert und jederzeit, auch während des Betriebs, aufgerufen werden. Mittels der optional erhältlichen IR-Fernbedienung können 4 verschiedene Setups per Knopfdruck aufgerufen werden.

Thermolimiter

Der Thermolimiter dient dem Schutz vor zu großer thermischer Belastung des ⇒ Lautsprechersystems. Er besitzt zwei verschieden große Zeitkonstanten, um den unterschiedlichen Erwärmungszeiten von Schwingspule und Magnet Rechnung zu tragen. Der Thermolimiter berücksichtigt kontinuierlich das anliegende Signal und integriert es gemäß dieser Zeitkonstanten auf, um so eine Aussage über die augenblickliche Temperatur der Lautsprecherschwingspule zu gewinnen.

Zielbandpässe

Die Zielbandpässe werden bei der Erstellung des ⇒ Lautsprecherparametersatzes durch Angabe der gewünschten Trennfrequenzen und Flankensteilheiten theoretisch vorgegeben und stellen eine Art „Schablone“ für die zu berechnenden ⇒ FIR - Bandpässe dar.

Zielfunktion

Die Zielfunktion ist eine bei der Erstellung des ⇒ Lautsprecherparametersatzes theoretisch vorgegebene Funktion, die als Sollkurve für den Verlauf der ⇒ resultierenden Funktion des ⇒ Gesamtsystems angesehen werden kann. Die Zielfunktion definiert also den Soll-Frequenzgang des Gesamtsystems.

2.1 Aufstellung und Betriebsbedingungen

Der PRO C 29 ist in ein ein 19“ Gehäuse mit 2 Höheneinheiten (HE) eingebaut. Bei einem Einbau des Gerätes in ein entsprechendes Geräterack ist auf ausreichende Belüftung zu achten! Bei einer Montage direkt über Geräten mit einer hohen Wärmeabgabe wie z.B. konvektionsgekühlte Endverstärker sind entsprechende Vorkehrungen für eine ungehinderte Wärmeabfuhr zu treffen wie z.B. durch den Einbau einer 1 HE-Blindplatte mit Belüftungsöffnungen. Geräte, die sehr starke Elektromagnetische Streuungen verursachen, sollten nicht in unmittelbarer Nähe des PRO C 28 betrieben werden, das dies die sehr hohe Audioperformance beeinträchtigen kann

2.2 Anschlüsse und Verkabelung

2.2.1 Anschlüsse auf der Rückwand

Die Abbildung 2.2/1 zeigt die Anschlüsse und Bedienungselemente auf der Rückseite des PRO C 28, die im Folgenden näher erläutert werden:

Mains - IEC Netzbuchse:

Die Verbindung des PRO C 28 mit dem Stromnetz wird über die Kaltgerätebuchse hergestellt. Links neben der Netzbuchse ist die intern eingestellte Netzspannung vermerkt.

Groundlift-Schalter:

Der Groundlift-Schalter dient zur Trennung von Netzerde und Signalmasse und sollte nur im Falle von Brummstörungen in die Stellung mit dem geöffneten Schaltersymbol geschaltet werden.

Analog Input:

An diese XLR-F Verbinder werden analoge Signalquellen angeschlossen (rechter Kanal: obere Buchse, linker Kanal: untere Buchse). Über den rechts neben jeder Buchse angeordneten Schiebeschalter kann die Betriebsart des analogen Eingangs ausgewählt werden: Befindet sich der Schiebeschalter in der linken Stellung, wird das ankommende analoge Signal mit einem Differenzverstärker elektronisch desymmetriert, während es bei Stellung des Schalters in der rechten Position auf einen Eingangsübertrager gegeben wird. Obwohl es sich bei dem verwendeten Übertrager um eine sehr hochwertige Ausführung handelt, solte im Interesse einer optimalen Signalübertragung stets die Option „elektronisch symmetrisch“ eingestellt sein, sofern keine Brummstörungen auftreten.

Analog Output:

Diese 8 XLR-M Verbinder führen die Signale der analogen Wege-Ausgänge des PRO C 28.

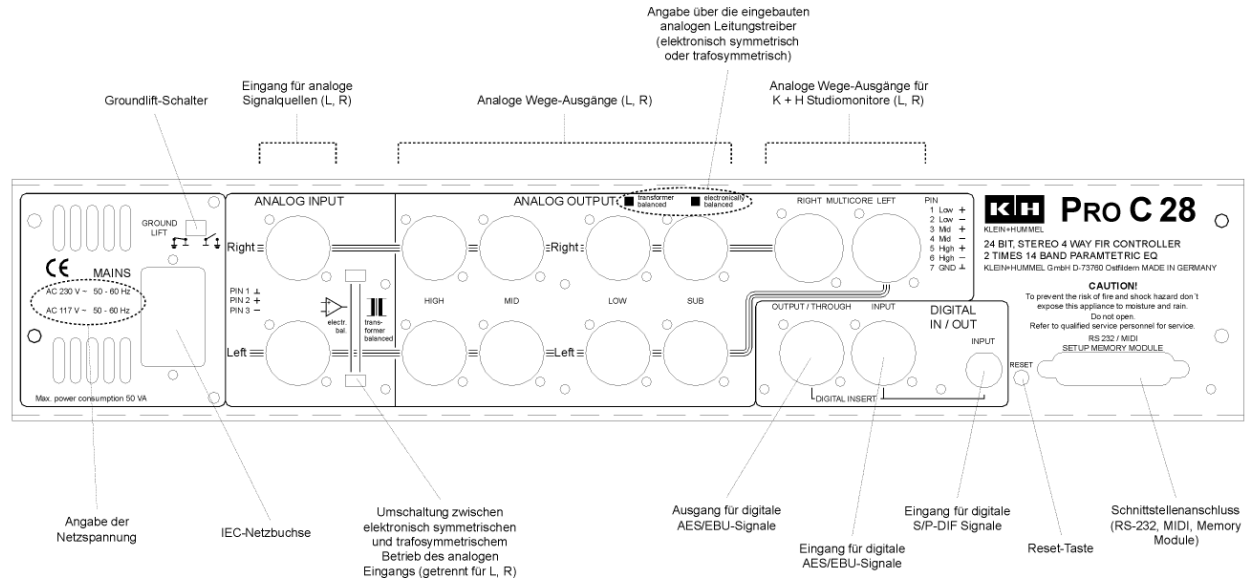


Abb. 2.2/1: Die Anschlüsse und Bedienungselemente auf der Rückwand des PRO C 28

Die oberen 4 Buchsen tragen die Signale des rechten, die unteren die des linken Kanals. Rechts neben dem Schriftzug „Analog Output“ ist vermerkt, ob die Ausgänge elektronisch symmetriert sind oder ob die Option „trafosymmetrische Ausgänge“ eingebaut ist.

Multicore - Ausgang:

Diese 7-PIN XLR-M Verbinder fassen die High-, Mid- und Low-Ausgänge in einer Steckverbindung getrennt für jeden Kanal zusammen. Sie dienen dem Anschluss von entsprechend vorbereiteten K + H Studiomonitoren mit eingebautem Analogcontroller (siehe Kap. 2.3). Elektrisch gesehen trägt jede dieser Buchsen also dieselben Signale wie die entsprechenden Einzelausgänge, bei der Option „trafosymmetrische Ausänge“ sind also auch die Multicore-Ausgänge mit berücksichtigt.

Digital AES/EBU output/through:

Dieser Ausgang trägt das vom AD-Wandler des PRO C 28 gewandelte analoge Audiosignal des rechten und linken analogen Eingangs im digitalen AES/EBU Format. Im Menüpunkt *6 Digital Output* des Main-Menüs (siehe Kap. 3.2) kann dieser Ausgang auch abgeschaltet werden. Durch Umsetzung eines Jumpers, der sich im Geräteinneren befindet (siehe Kap. 2.5) kann auch eine andere Betriebsart dieses Ausgangs eingestellt werden: In diesem Fall liegt an dieser XLR-M Buchse das digitale Audiosignal an, was in den S/P-DIF Input oder den AES/EBU Input eingespeist wurde (through-Betriebsart). Der genannte Main-Menüpunkt hat dann keine Funktion mehr.

Digital AES/EBU input:

Ankommende digitale Signale nach dem AES/EBU-Format werden an diese XLR-F Buchse angeschlossen. Die Auswahl der Signalquelle wird im Kap. 3.2 beschrieben. Wenn dieser Anschluss für digitale Signale benutzt wird, so darf an der BNC-Buchse („S/P-DIF Intput“) nichts angeschlossen sein!

Digital S/P-DIF Input:

An diese BNC-Buchse werden ankommende digitale S/P-DIF Audiosignale angeschlossen. Die Auswahl der Signalquelle wird im Kap. 3.2 beschrieben. Bei Verwendung dieses Eingangs darf am AES/EBU Input nichts angeschlossen sein!

Reset:

Mit dem Reset-Taster wird ein Neustart des Digitalcontrollers ausgelöst, wie er auch beim Einschalten des PRO C 28 mit dem Netzschalter erfolgt.

Serial Port:

Dieser Anschluss (SUB-D 25 Pin) hat mehrere verschiedene Funktionen:

Zum einen liegt hier die serielle RS-232 Schnittstelle an, über die mittels eines externen PCs die Lautsprecherparametersätze in den PRO C 28 geladen werden.

Des weiteren liegt an diesem Stecker eine vollständige MIDI-Schnittstelle (In, Out, Through) an, mit der mehrere PRO C 28 verbunden werden können.

Optional ist es möglich, ein Memory-Modul an diese Buchse anzuschließen, auf dem Lautsprecherparametersätze und Einstellungen abgelegt und eingespielt werden können. In Kap. 4 wird die Anschlussbelegung dieser Buchse sowie die erforderlichen Verbindungskabel detailliert beschrieben.

2.2.2 Anschlussvarianten

Kabel

Die Abbildungen 2.2/2 bis 2.2/4 zeigen die Verschaltungsvorschriften der Kabel, die in Verbindung mit den weiter unten beschriebenen Anschlussvarianten zum Einsatz kommen.

Für alle symmetrischen Verbindungen, wie z.B. der Anschluss des PRO C 28 an ein Mischpult mit studiosymmetrischen Ausgängen oder auch für digitale AES/EBU Verbindungen kommt das in Abb. 2.2/3 gezeigte sym-

metrische Kabel zum Einsatz. Im Falle von AES/EBU-Verbindungen sollte das Kabel einen Wellenwiderstand von 110 Ohm aufweisen.

Zum Betrieb des PRO C 28 an analogen

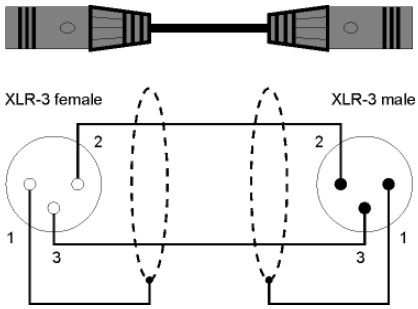


Abb. 2.2/2: XLR(f)-XLR(m) Standardkabel

Signalquellen mit asymmetrischen Ausgängen wie z.B. Consumergeräte muss ein Adapterkabel gemäß Abb. 2.2/4 bereitgestellt werden. Obwohl Consumergeräte i.d.R. nicht geerdet werden (Euronetzstecker), ergeben sich versteckte Brummschleifen oftmals über den geerdeten Antennenanschluss von Tunern oder TV-Geräten. Sollte es zu Brummproblemen kommen, die sich durch Betätigen des GND-Liftschalters und durch Umschaltung auf den trafosymmetrischen Eingang (siehe Abschnitt 2.2.1) nicht beseitigen lassen, muss die in der Abbildung gezeigte Verbindung zwischen Kabelabschirmung und der Minus-Leitung (von Pin 3) durchtrennt werden. Auf der Seite der Cynchbuchse wird die

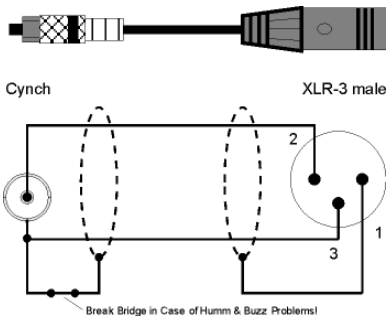


Abb. 2.2/3: Adapterkabel von Cynch auf XLR

Abschirmung in diesem Fall also nicht angeschlossen!

Der Anschluss des PRO C 28 an ein Consumergerät mit digitalem S/PDIF - Ausgang erfordert schließlich ein Kabel gemäß Abb. 2.2/5, sofern kein BNC Ausgang hierfür vorhanden ist.

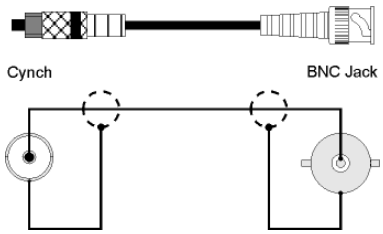


Abb. 2.2/4: Adapterkabel von Cynch auf BNC

Anschlussbeispiele

In den Abbildungen 2.2/5 bis 2.2/7 sind einige Beispiele dargestellt, wie der PRO C 28 an die Signalquelle angeschlossen wird.

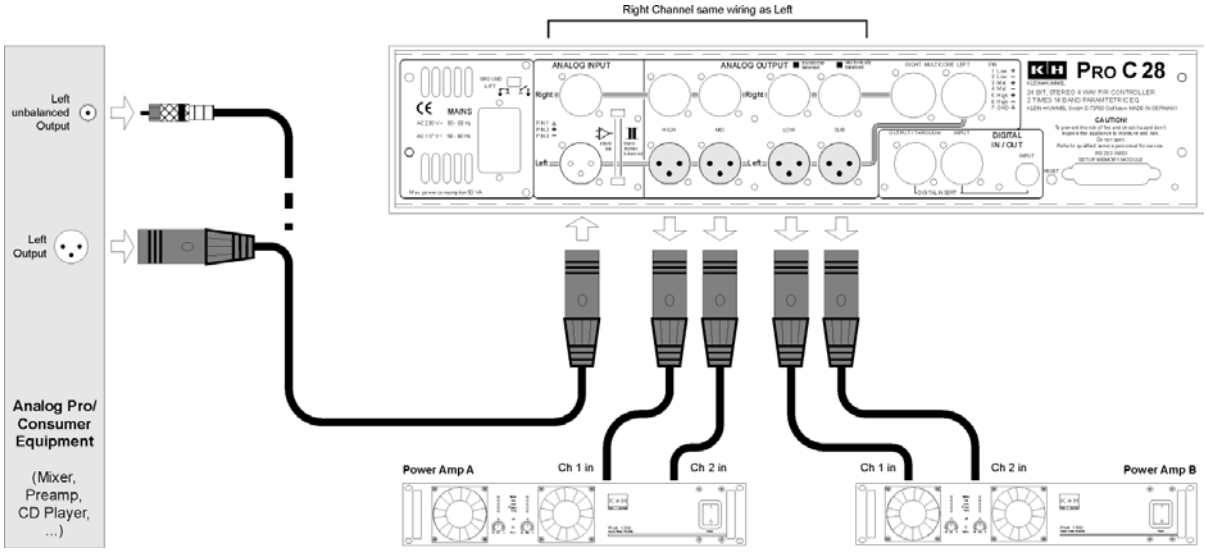


Abb. 2.2/5: Betrieb des PRO C 28 an einer analogen Signalquelle und Anschlss der Endverstärker: Während bei Studiogeräten übliche XLR m-f Kabel gemäß Abb. 2.2/3 verwendet werden, muss bei unsymmetrischen Aus-/Eingängen ein Adapterkabel gemäß Abb. 2.2/3 angefertigt werden.

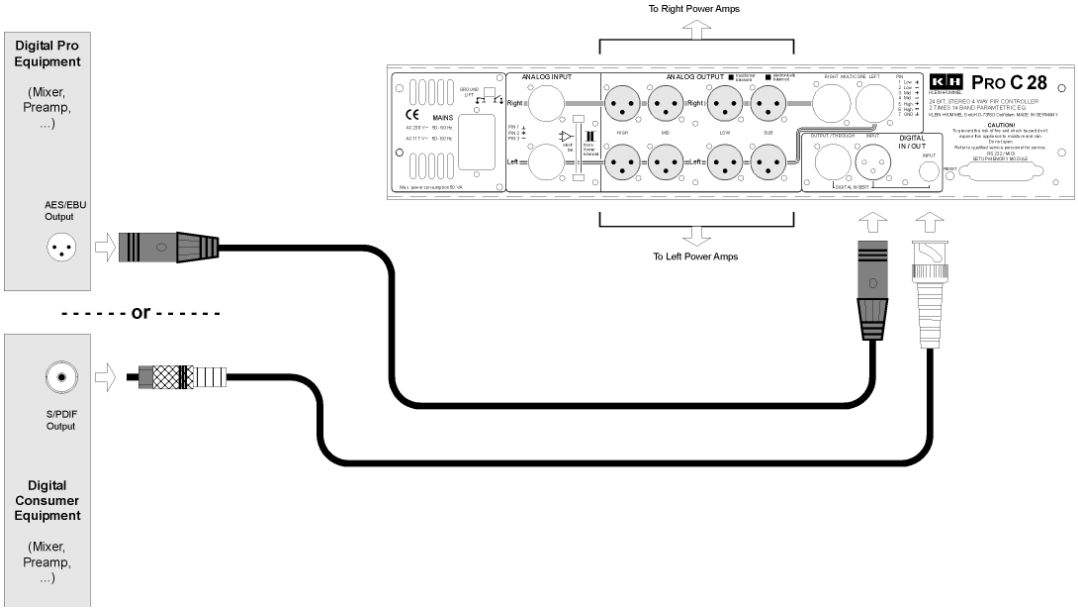


Abb. 2.2/6: Betrieb des PRO C 28 an einer digitalen Signalquelle, oben mit AES/EBU Ausgang, unten mit asymmetrischem S/PDIF-Ausgang.

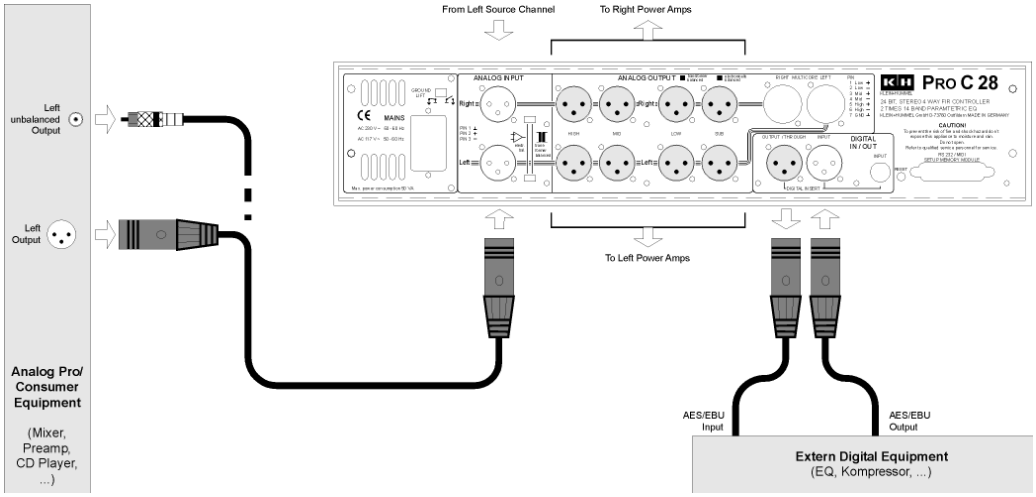


Abb. 2.2/7: Betrieb des PRO C 28 an einer analogen Signalquelle in Verbindung mit einem digitalen Zusatzgerät, welches via „Digital Insert"-Betrieb in den internen Signalfluss des PRO C 28 eingeschleift wird.

2.3 Anschluss von K + H Studiomonitoren und Subwoofern

Neuere K + H Studiomonitore wie z.B. der O 300 D verfügen über einen speziellen Endverstärkereingang, über den die integrierten Endverstärker direkt angesteuert werden können, also unter Umgehung des eingebauten analogen Controllers. Somit ergibt sich die Möglichkeit, den Studiomonitor entweder nachträglich durch die Ansteuerung über den PRO C 28 aufzurüsten oder diese gleich zusammen mit einem PRO C 28 zu bestellen.

Abb. 2.3/1 zeigt eine solche Anordnung am Beispiel des rechten Kanals. Der 3-Wege Studio-

monitor wird über ein spezielles Multicore Kabel an die Multicore - Ausgangsbuchse des PRO C 28 angeschlossen; somit wird die Verbindung des High-, Mid- und Low-Weges mit den entsprechenden Endverstärkern des Studiomonitors über lediglich ein Kabel hergestellt. Selbstverständlich ist der Studiomonitor entsprechend auf eine solche Betriebsweise einzustellen: Bei dem Studiomonitor K + H O 300 D beispielsweise muss hierzu der auf der Lautsprecherrückwand befindliche Schiebeschalter „Controller Select“ in die Position „external“ gebracht werden. Das Multicore-Kabel wird dann in die 7-Pin Buchse mit der Aufschrift „Power Amp Direct Input“ eingesteckt.
In der Abbildung ist außerdem der Anschluss eines zusätzlichen Subwoofers gezeigt. Dieser wird an die normale Sub-Ausgangsbuchse des PRO C 28 angeschlossen. Beim Subwoofer selbst muß das integrierte Tiefpassfilter deaktiviert bzw. umgangen werden. Beim Studiosubwoofer K + H O 800 beispielsweise wird hierzu der oberste der drei Schiebeschalter in die Stellung „Sub Direct“ gebracht. Der Anschluss erfolgt dann über die „Center/Sub Direct“-Eingangsbuchse des O 800.
Für ein solches Setup aus K + H Studiomonitor und evtl. eines K + H Subwoofers wird ein entsprechender Lautsprecherparametersatz mitgeliefert, der speziell für jedes Monitor- bzw. Subwooferexemplar im K + H Akustiklabor erstellt wird.
Bei einer nachträglichen Aufrüstung von zwei K + H Studiomonitoren mit einem PRO C 28 Digitalcontroller müssen also zunächst die Monitore zur Erstellung des Parametersatzes zu K + H geschickt werden. Der Parametersatz ist dann bei Auslieferung des Pro C 28 in dessen Flash Rom Baustein gespeichert. Bei der erstmaligen Inbetriebnahme des Systems muss dieser dann gemäß der Beschreibung in Kap. 2.7 aufgerufen werden. In der Regel enthält der Name des Parametersatzes die letzten drei Ziffern der Seriennummer des K + H Studiomonitors, für den er erstellt wurde.

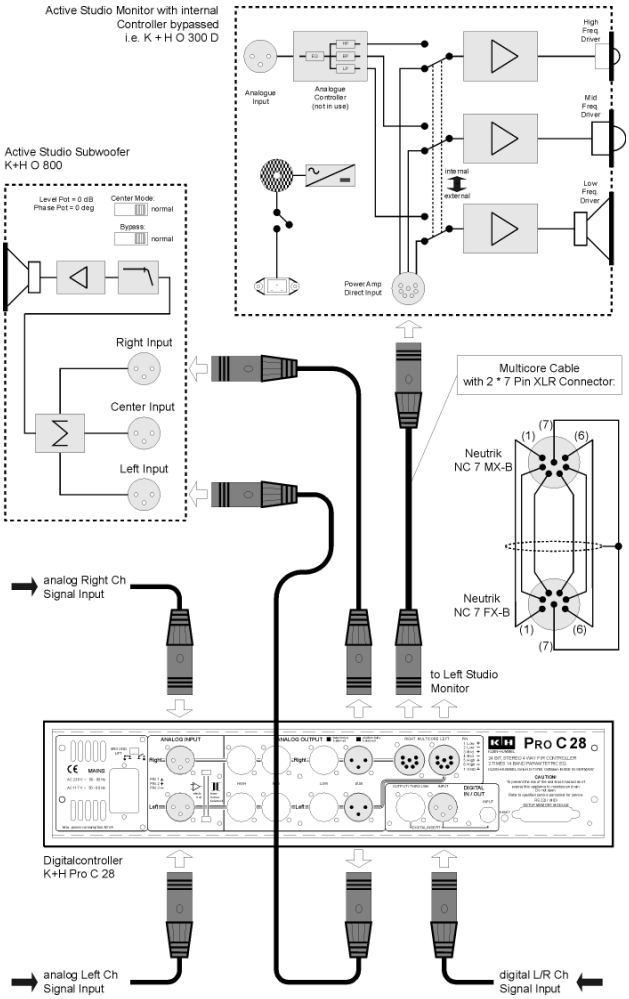


Abb. 2.3/1: Anschluss von K + H Studiomonitoren und Subwoofern an den PRO C 28

2.4 Verkabelung eines 5.1 Surround Setups

Die Abbildung 2.4/1 auf der nächsten Setite zeigt beispielhaft die Verkabelung einer 5.1 Lautsprecheranordnung aus 5 Studiomonitoren K + H O 300 D, 2 Studiosubwoofern K + H O 800 sowie 3 Digitalcontrollern PRO C 28.
Der erste PRO C 28 ist hierbei für die Signalbearbeitung des Centers incl. Subwoofer sowie des LFE-Kanals zuständig, während der zweite

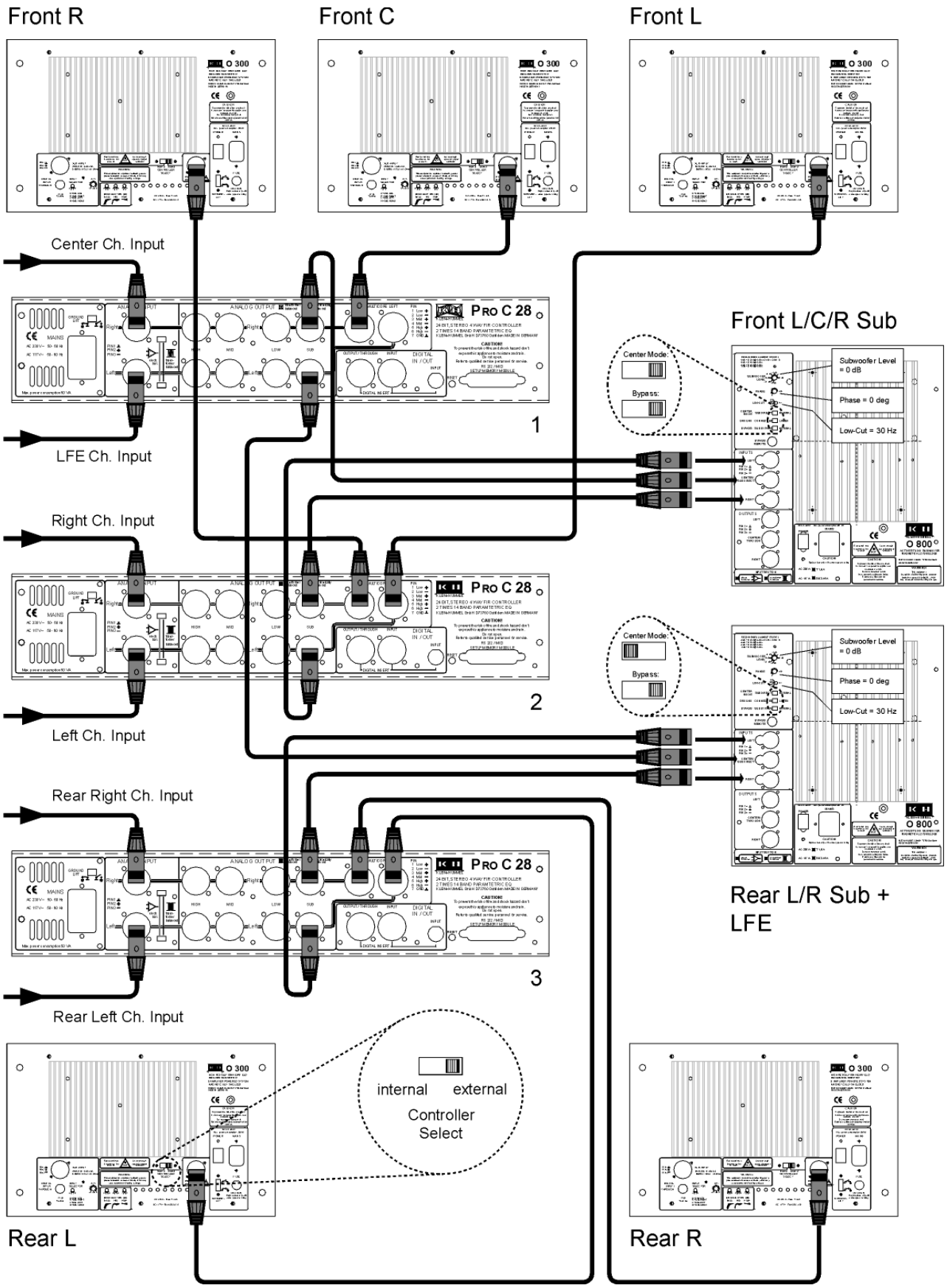


Abb. 2.4/1: Verkabelung eines 5.1 Sourround Setups

für den vorden rechten und linken Kanal (jew. incl. Subwoofer) und der dritte für die beiden hinteren Kanäle (wieder jeweils incl. Subwoofer) zuständig ist.
Jeder Pro C 28 enthält einen 4 Wege Lautsprecherparametersatz (3-Wege Top + Sub), allein der linke Kanal des 1. PRO C 28 enthält einen 1 Wege Lautsprecherparametersatz ohne Filterwirkung für den LFE Kanal. Allerdings erfolgt auch hier wie üblich eine aufwendige Lautsprecherentzerrung durch die FIR-Filter des PRO C 28.
Es ist zu beachten, dass die Zuordnung der einzelnen Kanäle der drei Pro C 28 genau so erfolgt, wie sie in Abb. 2.4/1 vorgegeben ist.
Wenn die drei Pro C 28 über ihre MIDI-Schnittstelle vernetzt werden (siehe Kap. 4.2) ist es möglich, am Master-Gerät die Einstellung der System-Abhörlautstärke für alle Wege vorzunehmen.

2.5 Geräteinterne Einstellungen

Dieses Kapitel ist den im Innern des Pro C 28 vorzunehmenden Einstellungen gewidmet. Diese sind bei Auslieferung des PRO C 28 i.d.R. so gesetzt, dass sie für die meisten Anwendungen richtig eingestellt sind.

Eprom:

An dieser Stelle der Mikrocomputer-Platine ist das Eprom angeordnet. In ihm ist die Anwendersoftware des Pro C 28 gespeichert, deren Versions-Nummer dem Aufkleber zu entnehmen ist. Außerdem kann diese Versionsnummer im System Menü im Menüpunkt *7 Version No.* abgefragt werden (siehe Kap. 3.3). Bei einem Tausch des Eproms zur Aktualisierung der Anwendersoftware ist der Pro C 28 vom Stromnetz zu trennen und das Eprom mit Hilfe einer geeigneten Zange herauszuziehen. Es ist darauf zu achten, dass dabei keine umliegenden Bauelemente beschädigt werden. Beim Einsetzen des Eproms ist darauf zu achten, das jeder Pin des Eprom-

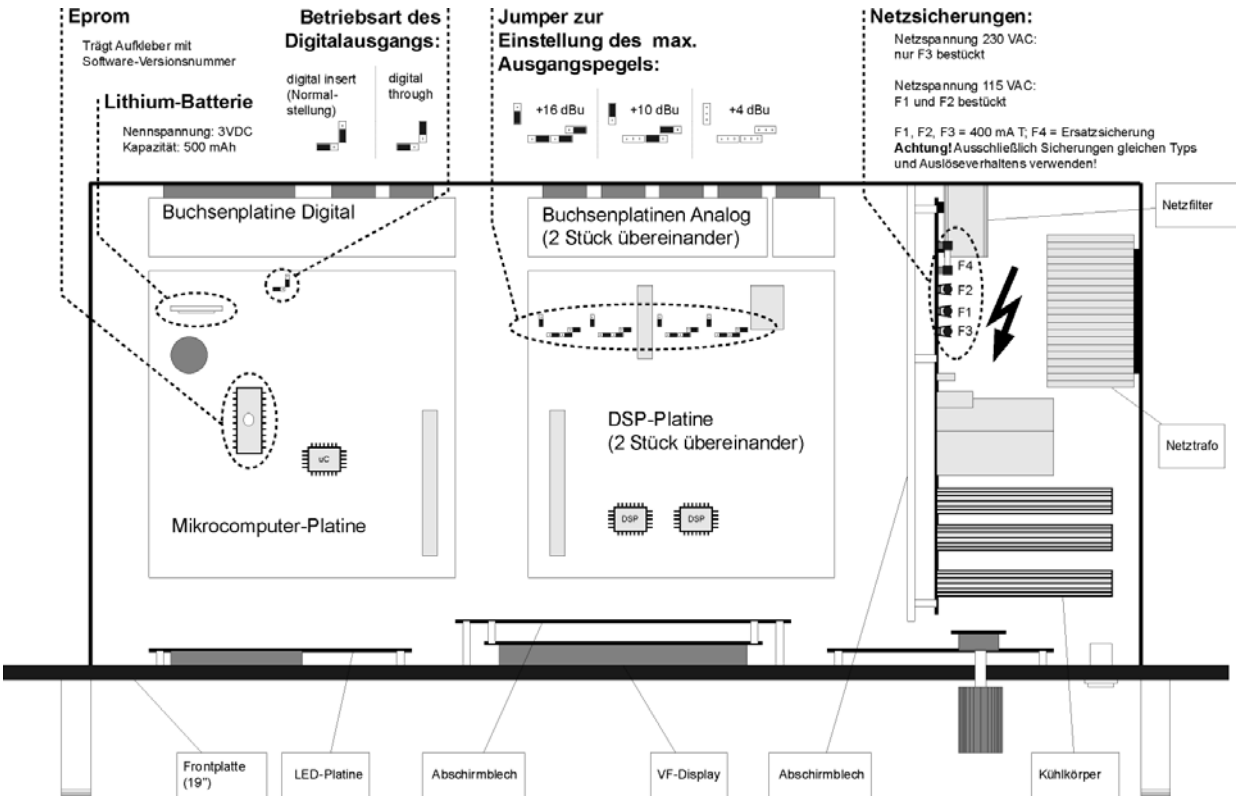


Abb. 2.5/1: Blick in den Pro C 28 bei abgenommende Haube

Bausteines in seine vorgesehene Fassung gelangt. Anschließend ist das Gerät wieder einschalten. Auf dem Display ist der Schriftzug „LOOKS LIKE A NEW EPROM - PRESS ENTER!“ zu lesen. Nach Bestätigung durch Druck auf den Inkrementgeber muss noch der Lautsprecherparametersatz von einem PC in den Pro C 28 geladen (siehe Kap. 6.2) und aufgerufen werden (siehe Kap 2.7).

Lithium-Batterie:

Die Lithimbatterie dient dem Aufrechterhalten der Inhalte der flüchtigen Speicher bei ausgeschaltetem Gerät. Diese wird nach einer nicht näher zu spezifizierenden Betriebszeit (i.d.R. einige Jahre) ihre Funktion verlieren und ist dann auszutauschen. Die hierzu notwendigen Handgriffe sollten nur von einem autorisierten K + H Händler bzw. von K + H selbst durchgeführt werden!

Betriebsart des Digitalausgangs:

Mit dem hier gekennzeichneten Jumper lässt sich die Betriebsart des Digitalausgangs umschalten. Die beiden möglichen Betriebsarten wurden in Kap. 1.4 unter „Digital Output“ näher erläutert. Die bei der jeweiligen Jumperstellung aktivierte Betriebsart ist Abb. 2.5/1 zu entnehmen.

Einstellung des maximalen Ausgangspegels:

Mit den gezeigten Kombinationen dieser Jumper kann der maximale Ausgangspegel getrennt für jeden Weg in drei Stufen eingestellt werden. Hierzu besitzt jeder Weg vier Jumper. Die hier eingestellten Werte der einzelnen Wege sind bei der Erstellung des Parametersatzes anzugeben und hängen von der Verstärkung des anzusteuernden Endverstärkers ab. Bei Änderung eines Wertes ist also auch ein neuer Parametersatz zu erstellen!

Netzsicherungen:

Der PRO C 28 verfügt über drei Netzsicherungen, die gleichzeitig zur Auswahl der Netzspannung dienen, indem diese wie in Abb. 2.5/1 beschrieben bestückt werden. Es ist darauf zu achten, die Sicherungen nur gegen solche mit gleichem Typ und Auslöseverhalten auszutauschen!

2.6 Bedienungselemente und Anzeigen auf der Gerätefront

In Abb. 2.6/1 ist die Frontplatte des Pro C 28 mit den darauf enthaltenen Bedienungselemeneten abgebildet. Die Frontplatte kann in drei Bereiche unterteilt werden (v.l.n.r.):

- Sektion mit den LED-Ketten für den Eingangspegel, den Limiter-LEDs sowie den drei Status-LEDs

- Das Vakuumfloureszens-Display (VF-Display) mit 2x24 Zeichen

- Der Bereich mit den Menühwahl- und Navigationstasten sowie dem Inkrementgeber und schließlich dem Netzschalter

Anzeige des Eingangspegels:

Die zwei LED-Ketten zeigen im Falle der Verwendung des analogen Eingangs den dort anliegenden Signalpegel an, also unabhängig von den Verstärkungseinstellungen des PRO C 28. Da der analoge Eingang des PRO C 28 bis +27 dBu ausgesteuert werden kann, symbolisieren die roten LEDs keine Übersteuerung des analogen Eingangs sondern weisen lediglich darauf hin, dass der Signalpegel die Schwelle von +6 dBu erreicht bzw. überschritten hat! Bei Ansteuerung mit Pegeln über +24 dBu wird eine evtl. Übersteuerung der AD-Wandler durch die „*AD Clip*“-LED signalisiert. Bei Verwendung der digitalen Eingänge (AES/EBU oder S/PDIF) zeigen die LED-Ketten den Signalpegel hinter der IIR EQ Sektion an, d.h. die Anzeige wird in diesem Fall durch die Einstellungen der IIR EQs sowie des IIR EQ Gains beeinflusst. Wenn der parametrische EQ deaktiviert ist (Einstellung *EQ off* sowie *EQ Gain = 0dB* im EQ-Menü)

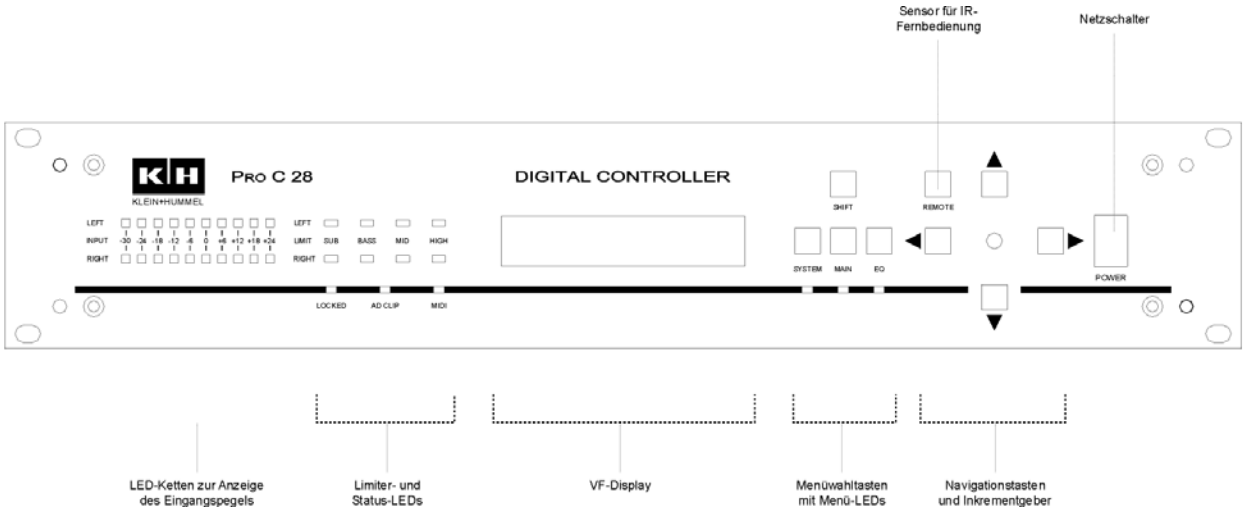


Abb. 2.6/1: Die Frontplatte des PRO C 28

leuchten bei einem digitalen Signalpegel von 0 dBFS am Eingang alle LEDs auf.

Limiter LEDs:
Diese LEDs signalisieren das Eingreifen des Peak- oder Thermolimiters. Da jeder Weg und Kanal des PRO C 28 über seinen eigenen Peak- und Thermolimiter verfügt (siehe Kap. 1.7), finden sich hier dementsprechend 8 Limiter LEDs.

VF-Display, Menüwahltasten, Navigationstasten und Inkrementgeber:
Hiermit erfolgt die Bedienung der Anwendersoftware des PRO C 28, weswegen zur Erklärung auf das Kapitel 3.1 verwiesen wird.

2.7 Aufrufen des Lautsprecherparametersatzes

Der PRO C 28 wird mit den bei Bestellung vereinbarten Lautsprecherparametersätzen ausgeliefert, die in seinem Flashrom-Baustein gespeichert sind.
Bei der ersten Inbetriebnahme ist zu kontrollieren, ob der richtige Lautsprecherparametersatz aktiviert ist. Ist dies nicht der Fall, muss der richtige Parametersatz herausgesucht und aufgerufen werden.

Es wird wie folgt vorgegangen:

- Den PRO C 28 mit dem Netzschalter einschalten
- Abwarten, bis die Anwendungssoftware gestartet wurde und der Schriftzug des Menüpunktes *3 Input Gain* mit einem voreingestellten dB-Wert erscheint
- Die Down Pfeiltaste sooft betätigen, bis die Anzeige „*Monitor/Subwoofer*“ erscheint.
- Mit Hilfe der left-Pfeiltaste den blinkenden Cursor in den linken Displaybereich bewegen (an die Stelle des „M“ von *Monitor*)
- Durch Drehen des Inkrementgebers die richtige Bezeichnung unter „*Monitor*“ einstellen und durch Druck auf den Inkrementgeber be-

stätigen

- Mit der right-Pfeiltaste in die rechte Displayhälfte wechseln (an die Stelle des „S“ von *Subwoofer*) und hier ebenfalls so verfahren wie im vorherigen Punkt beschrieben
- Der blinkende Punkt in der Mitte des Displays fordert zum Bestätigen der Einstellungen auf. Wenn dies korrekt geschehen ist, leuchtet der Punkt dauerhaft auf
- Die Up-Pfeiltaste sooft betätigen, bis wieder der Schriftzug „*Input Gain - Balance*“ erscheint
- Mit der left-Pfeiltaste den blinkenden Cursor in den linken Displaybereich an die Stelle des „I“ von „Input Gain“ bringen und mit dem Inkrementgeber den gewünschten Signalpegel einstellen
- Der PRO C 28 ist nun betriebsbereit, bei erneutem Aus- und Wiedereinschalten wird der zuletzt geladene Parametersatz sowie alle anderen Einstellungen wieder aktiviert

Hinweis: Das Aufrufen des Lautsprecherparametersatzes ist nur möglich, wenn der Menüpunkt *8 Speaker Select* durch die eingestellte Hierarchieebene auch angewählt werden kann! Siehe hierzu das folgende Kapitel 3.1 und 3.3.

2.8 Multipath-Betriebsart

Normalerweise führt jeder interne Weg des Pro C 28 auf einen eigenen analogen Wege-Ausgang (High, Mid, Low, Sub, siehe Signalflussplan in Kap. 1.3). Im Falle von Ein- und Zwei-Wege-Anordnungen kann der PRO C 28 alternativ im sog. Multipath-Modus betrieben werden: In diesem Fall werden mehrere interne Wege auf einen analogen Ausgang geroutet. Die Tabelle in Abb 2.8/1 stellt die verschiedenen Kombinationsmöglichkeiten zusammen und nennt Anwendungsbeispiele.

Betriebsart	Interne Wege	==>>	Wege-Ausgänge	Anwendungsbeispiele
Normal	High	==>>	High	Ansteuerung aktiver K+H Studiomonitore oder PA-Systeme
	Mid	==>>	Mid	
	Low	==>>	Low	
	Sub	==>>	Sub	
High+Mid-Multipath	High	==>>	High	**2-Wegebetrieb:** passives 2- oder 3-Wege Topteil an High, Subwoofer an Low **3-Wegebetrieb:** Topteil an High, Bass an Low, Subwoofer an Low
	Mid			
	Low	==>>	Low	
	Sub	==>>	Sub	
High+Mid+Low-Multipath	High	==>>	High	Passives 2- oder 3-Wege Topteil an High, Subwoofer an Sub **Fullrange-Ansteuerung** eines aktiven Studiomonitors
	Mid			
	Low			
	Sub	==>>	Sub	
Mid+Low-Multipath	High	==>>	High	Topteil an High, Subwoofer oder Mehrwege Mid-Low System (passiv) an Mid
	Mid	==>>	Mid	
	Low			
	Sub	==>>	Sub	

Abb. 2.8/1: Normal- u. Multipath-Betriebsarten

Durch die Multipath Betriebsart kann z.B. bei der Fullrange-Ansteuerung einer passiven 3-Wege Lautsprecherbox (PA Lautsprecher oder Studiomonitor) durch die seperate Behandlung der drei Wege (intern) eine individuelle Einstellung der Limiter für den Hoch-, Mittel- und Tieftonweg der Lautsprecherbox erfolgen. Außerdem kann die Signaldurchlaufzeit durch den PRO C 28 im Vergleich zur ausschließlichen Verwendung des internen High-Weges verringert werden, da die Behandlung der niedrigeren Frequenzen durch den in Downsampling-Technologie (siehe Kap. 1.4) arbeitetenden Low-Weg durchgeführt wird.
Für die Anwendung in der Praxis ist dabei die Belegung der analogen Wege-Ausgänge zu beachten: So wird der Subwoofer beim High+Mid - Multipath Betrieb beispielsweise nicht an der Sub- Ausgangsbuchse, sondern am Low-Ausgang angeschlossen. Die Einstellung des Multipath Betriebes ist wie auch die übrigen grundlegenden Einstellungen im Parametersatz des PRO C 28 verankert. Ein auf diese Weise programmiertes Gerät wird zusammen mit einer Aufstellung über die Belegung der analogen Wege-Ausgänge geliefert. Abb. 2.8/2 zeigt ein Beispiel für eine solche Aufstellung.

Topteil						Subwoofer							
		Ausgang					Ausgang						
Typ	Anzeige TOP	Hi	Mid	Low	Sub	Typ	Hi	Mid	Low	Sub	Anzeige SUB	Latenzzeit	Datensatz
Pro X 6	ProX6 10ms	X				None					None	38,80 ms	X6MM
Pro X 6	ProX6 40ms	X				None					None	6,50 ms	X6LLL
Pro X 6	ProX6 10ms	X				RB 480				X	RB480 10ms	9,70 ms	X6BMMLL
Pro X 6	ProX6 40ms	X				RB 480			X		RB480 40ms	35,10 ms	X6BLLL

Abb. 2.8/2: Beispiel für eine Aufstellung, wie sie beim Multipath-Einsatz mitgeliefert wird

3.1 Menüstruktur und Bedienungskonzept

Die Bedienung des PRO C 28 Digitalcontrollers basiert auf einer Menüstruktur, bei der die einzelnen Menüpunkte in drei Menüs zusammengefasst sind:

- **Main – Menu (Kap. 3.2):** In diesem Menü sind die für den normalen Betrieb des Controllers am häufigsten benötigten Einstellmöglichkeiten zusammengefasst, wie z.B. die Anpassung des PRO C 28 an das Eingangssignal, das Aufrufen und Abspeichern von Setups, die Einstellung des integrierten Delays usw. Außerdem wird hier im Punkt *Speaker Select* die Parametrierung des Gerätes für die verwendeten Lautsprecher und Endverstärker einer PA bzw. für den anzusteuernden K+H Studiomonitor vorgenommen

- **System – Menu (Kap. 3.3):** Dieses Menü beinhaltet seltener benötigte Grundeinstellungen von Soft- und Hardware des PRO C 28, wie z.B. die Konfigurierung des Midi-Kanals, die passwortgeschützte Umschaltung zwischen den Benutzer-Schutzebenen usw.

- **EQ – Menu (Kap. 3.4):** Dieses Menü ist ausschließlich für die Bedienung des im PRO C 28 integrierten parametrischen Equalizers bestimmt, mit dem Änderungen im Gesamtfrequenzgang des Systems vorgenommen werden können (z.B. zur Anpassung an den Abhörraum).

Das Aufrufen und Einstellen der einzelnen Menüpunkte geschieht mit den auf der Frontseite rechts neben dem VF-Display (Vakuumfloureszens-Display) angeordneten Bedienungselementen.

Im Einzelnen sind dies:

- drei direkt neben dem VF-Display angeordnete **Menüwahltasten** mit der Aufschrift SYSTEM, MAIN und EQ sowie die darunter angeordneten zugehörigen **Menü-LEDs**.
- die über den Menüwahltasten angeordnete **SHIFT-Taste**
- der **Inkrementgeber** (Drehgeber) mit Tastfunktion (Enter)
- die vier um den Inkrementgeber angeordneten **Pfeiltasten**

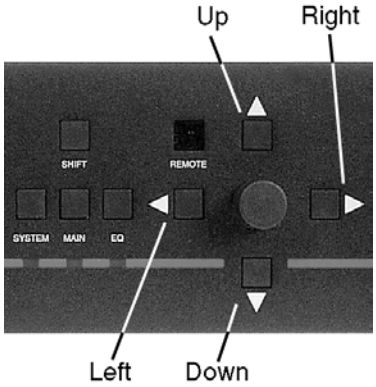


Abb. 3.1/1 Ausschnitt Frontplatte

Beim Betätigen einer der Menüwahltasten wird in die Kopfzeile des entsprechenden Menüs gesprungen, außerdem leuchtet die zugeordnete Menü-LED auf. Anhand der Menü-LEDs ist also jederzeit ersichtlich, welches Menü gerade aufgerufen ist.

Ausgehend von der Menü-Kopfzeile kann nun durch Betätigen der down-Pfeiltaste durch sämtliche sichtbaren Menüpunkte des entsprechenden Menüs geschaltet werden. Um sich im Menü wieder nach oben in Richtung Kopfzeile zu bewegen, wird die up-Pfeiltaste betätigt.

Wenn man einen Menüpunkt aufgerufen hat, erscheint links in der oberen Zeile des VF-Displays der Name des Menüpunktes:

Abb. 3.1/2: Ansicht Main-Menüpunkt 2

Durch Drehen des Inkrementgebers kann nun der Parameter an der durch den blinkenden Cursor markierten Stelle verändert werden. Hierbei kann es sich um die Veränderung eines Zahlenwertes oder auch um das Durchschalten von Optionen handeln. Gleichzeitiges Drücken des Inkrementgebers bei der Einstellung von Zahlenwerten vergrößert die Schrittweite um den Faktor 10.

Bei manchen Menüpunkten ist die Veränderung

nicht sofort wirksam:
Nach Einstellung eines Parameters wird dieser erst durch anschließendes Drücken des Inkrementgebers (Enter-Funktion) von der Software übernommen.
Ein runder Punkt in der oberen rechten Ecke des VF-Displays signalisiert diese Zustände:
Die Veränderung eines Parameters wird durch Blinken, die Übernahme der Änderung durch kontinuierliches Leuchten des Punktes angezeigt.

Anmerkung:
Wird ein Menüpunkt nach Veränderung eines Parameters ohne das abschließende Drücken des Inkrementgebers verlassen, sei es durch Aufruf eines anderen Menüpunktes im selben Menü, durch Wechsel in ein anderes Menü mit den Menütasten oder nach Verstreichen eines Zeitraumes von ca. 5 Min. ohne weitere Eingabe bleibt der ursprünglich eingestellte Parameter erhalten.

Bietet ein Menüpunkt mehrere einstellbare Parameter an, so sind diese nebeneinander angeordnet. Zur Veränderung eines anderen Parameters kann der blinkende Cursor durch Betätigen der left-Pfeiltaste oder right-Pfeiltaste an die entsprechende Position bewegt werden.

Bei manchen Menüpunkten können aufgrund der Anzahl nicht alle zu verstellenden Parameter gleichzeitig auf dem VF-Display angezeigt werden. In diesem Falle ist der Menüpunkt auf mehrere Tafeln aufgeteilt, die man sich „nebeneinander“ angeordnet vorstellen kann.
In solchen Menüpunkten wird die Position der benachbarten Tafel(n) durch einen Pfeil (durch zwei Pfeile) in der rechten oberen Ecke des VF-Displays angezeigt.
Um in eine benachbarte Tafel zu gelangen, wird der sich am letzten Parameter der aktuellen Tafel befindliche Cursor mit der left-Pfeiltaste oder der right-Pfeiltaste auf die benachbarte Tafel bewegt, die dann auch angezeigt wird.
Beispiele für die Aufteilung eines Menüpunktes auf mehrere Tafeln sind z.B. die Punkte 10...13 des Main-Menüs.

Diese allgemeine Beschreibung der Bedienung gilt für alle Menüpunkte. Auf evtl. Besonderheiten bei einzelnen Menüpunkten wird in der nun folgenden Beschreibung der Menüpunkte eingegangen.

Hinweis:

Die Aufstellung in den folgenden Kapiteln beinhaltet sämtliche Menüpunkte des Pro C28. Welche davon sichtbar und somit auch zugänglich sind, hängt von der eingestellten Benutzer-Hierarchieebene ab (siehe System-Menü Kap. 3.3, Menüpunkt 3).

Ob der jeweilige Menüpunkt in der eingestellten Hierarchieebene sichbar ist, geht aus der zusammen mit der Menüpunktübersicht abgebildeteten Hierachieebenenübersicht hervor: Ein Kreuz („X“) symbolisiert die Sichtabarkeit des entsprechenden Menüpunktes.

3.2 Main – Menü

(Eprom-Versions-Nr.: KH 1.048)

0	K+H Pro C 28 Main Menu

No. / Name of Menu Step	Selectable Options	Units	Default Setting	Hierarchy Level 0	1	2	3	4	5
1 Load Setup	No. / Name	---	000 Default Setup		X	X	X	X	X
2 Save Setup	Enter Setup Name / Enter Setup No.	---	---					X	X
3 Input Gain	Gain [dB]	-83...0...+45 dB	+20			X	X	X	X
	Balance L [dB] / R [dB]	-16...0...+16 dB	L = R = 0						
4 Gain Offset	Analog [+/- dB]	-30...30 dB	0						X
	Digital [+/- dB]	-30...30 dB	-13						
5 Mute	Mute on / Mute off	---	off				X	X	X
	Mute Attenuation [-dB]	-127...0 dB	-20						
6 Input Select	Analog / Digital / DigitalInsert	---	Analog					X	X
7 Digital Output	on / off	---	on				X		X
8 Input Routing	Normal / Reverse / Mono	---	Normal					X	X
9 Speaker Select (Matrix)	Top	---	---				X	X	X
	Subwoofer	---	---						
10 Master Delay	Delay Time [ms]	0...999 ms	0					X	X
	Distance [m]	0...339,9 m	0						
11 Delay Offset	Left / Right	0...5759 us	0 / 0						X
12 Channel Mute	High, Mid, Low, Sub: L, R, L+R [yes/no]	---	no						X
13 Channel Gain	High, Mid, Low, Sub: L, R, L+R [dB]	-18...6 dB	0.0						X
14 Channel Phase Invert	High, Mid, Low, Sub: L, R, L+R [yes/no]	---	no						X
15 Channel Delay	High, Mid, Low, Sub: L, R, L+R [ms]	0...92,1 ms	0.0						X
16 Delay Link	off / Mid+Hi / Low+Mid+Hi	---	Low+Mid+Hi						X
17 Limiter	Lim. Release [dB/s]	10...250 dB/s	250						X

Erläuterung der einzelnen Menüpunkte:

0 K+H PRO C 28
- Main Menu -
(Menüüberschrift)

1 Load Setup

In diesem Menüpunkt können Setups geladen werden. Ein Setup beinhaltet sämtliche Einstellungen aller Menüpunkte des Main - Menüs mit Ausnahme des Menüpunktes *3 Input Gain* sowie sämtliche Einstellungen des EQ-Menüs. Das Aufrufen erfolgt durch Drehen des Inkrementgebers, bis der Name des gewünschten Setups angezeigt wird. Dieses wird durch anschließendes Drücken des Inkrementgebers übernommen.

2 Store Setup

Um die Einstellungen des Main-Menüs und EQ-Menüs in einem neuen Setup abzuspeichern, wird nach Drücken des Inkrementgebers zunächst unter *Enter Setup Name* der gewünscht Setup-Name eingegeben, indem man mit der down - Pfeiltaste ein Zeichen A, a, 0, einstellt und dann hiervon ausgehend die gewünschten Buchstaben bzw. Zahlen durch Drehen des Inkrementgebers auswählt. Mittels der left / right - Pfeiltasten wird der Cursor zwischen den einzelnen Stellen des Wortes bewegt. Bevor ein neuer Name eingegeben wird, ist es u.U. erforderlich, einen bereits eingetragenen Namen (Defaultwert) zu löschen. Dies geschieht auf einfache Weise durch gleichzeitige Betätigung der Right-Pfeiltaste und der Shift-Taste, wodurch der nicht gewünschte Schriftzug nach rechts aus dem Anzeigebereich herausgeschoben und gelöscht wird. Nach Eingabe des gewünschten Namens wird nun durch Drücken des Inkrementgebers unter *Enter Setup No.* die Nummer des Setups gewählt. Abschließend werden die Eingaben durch Drücken des Inkrementgebers übernommen. Das Setup kann zukünftig unter *1 Load Setup* wie oben beschrieben aufgerufen werden. Da der Menüpunkt *Input Gain* als einziger nicht in den Einstellungen eines Setups enthalten ist, bleibt die eingestellte Lautstärke beim Umschalten zwischen zwei Setups konstant. Falls dennoch Setups mit verschiedenen Lautstärken gewünscht sind, so können diese im Menüpunkt *Gain Offset* getrennt für den analogen und digitalen Eingang eingestellt werden.
Hinweis: Der Menüpunkt Store Setup kann

durch Drücken der System - Menütaste vorzeitig wieder verlassen werden.

3 Input Gain

In diesem Menüpunkt wird der Pegel des am analogen bzw. digitalen Eingang anliegenden Audiosignals verändert. Beim Einschalten des PRO C 28 wird standardmäßig dieser Menüpunkt aufgerufen. Des Weiteren kann bei *Balance* ein Pegelunterschied zwischen dem linken und rechten Kanal eingestellt werden.

4 Gain Offset

Dieser Menüpunkt erlaubt eine für den digitalen und analogen Eingang getrennte Voreinstellung der Verstärkung. Bezogen auf den Signalfluss greifen dieser sowie der vorherige Menüpunkt *Input Gain* an derselben Stelle ein.

5 Mute

Wenn *Mute on* aktiviert ist, werden die Pegel aller 8 Ausgänge des PRO C 28 gleichermaßen um den bei *Mute Attenuation* eingestellten Wert abgesenkt.

6 Input Select

In diesem Menüpunkt wird der Eingang ausgewählt, an dem die speisende Signalquelle angeschlossen ist. Bei Auswahl der Option *Digital* wird der PRO C 28 durch die Signalquelle getaktet, bei Auswahl von *Digital Insert* und von *Analog* erfolgt die Takterzeugung intern.

Bei mehreren in der Signalkette befindlichen digitalen Geräten empfiehlt es sich, diese über den Insert einzuschleifen, um die Performance der sehr hochwertigen Ein- und Ausgangsstufen des PRO C 28 auszunutzen.

7 Digital Output

In diesem Menüpunkt kann die Betriebsart des digitalen AES / EBU - Ausgangs ausgewählt werden: Bei Auswahl von *off* ist der Digitalausgang abgeschaltet, bei *AD* wird hier das am Analogeingang anliegende Signal gewandelt ausgegeben.

8 Input Routing

Dieser Menüpunkt dient dem Vertauschen (*Reverse*) und Zusammenschalten (*Mono*) der beiden Eingangskanäle. Die Option *Normal* ist bei normalem Stereobetrieb zu wählen.

9 Speaker Select

Dieser Menüpunkt dient dem Laden des Lautsprecherparametersatzes. Unter Top und Subwoofer werden jeweils durch Drehen des Inkrementgebers die eingesetzten Lautsprechersysteme bzw. gewünschte Entzerrungen angewählt. Anschließend wird nun durch Drücken auf den Inkrementgeber der zugeordnete Lautsprecherparametersatz geladen. Dieses Laden wird durch einen Signalton quittiert und kann auch während der Wiedergabe erfolgen. Wenn der ausgewählte Lautsprecherparametersatz nicht verfügbar ist, erscheint nach dem Quittieren die Fehlermeldung „not available“ und der vorher geladene Patarametersatz ist wieder aktiv.

10 Master Delay

In diesem Menüpunkt kann die Signallaufzeit durch den PRO C 28 in ms und m eingestellt werden, wobei die untere Laufzeitgrenze durch den geladenen Lautsprecherparametersatz und der Grundlaufzeit des PRO C 28 definiert wird. Ausgehend von diesem minimalen Wert kann hier die Laufzeit um maximal 999 ms (entspr. 339,9m) erhöht werden.

11 Delay Offset

In diesem Menüpunkt kann die Verzögerung des Gesamtsignals in feinen Abstufungen variiert werden, um bei einem mehrkanaligen Setup die Grundlaufzeiten der Lautsprecher aneinader anzupassen.

12 Channel Mute

In diesem Menüpunkt kann jeder einzelne Wege-Ausgang des PRO C 28 stummgeschaltet werden. Es kann ausgewählt werden, ob die Einstellung für beide Kanäle (l+r) eines Weges oder nur für einen Kanal wirksam wird. Die Änderung des Status (Mute on/off) geschieht durch Drehen des Inkrementgebers. Wird dieser gleichzeitig gedrückt, so wird die Statusänderung in allen Wegen gleichzeitig wirksam.

13 Channel Gain

Mit diesem Menüpunkt kann der Pegel eines Weges um max. +6/-18 dB verändert werden, wobei sich bezüglich der Wahl des Kanals und des Weges dieselben Optionen wie im vorherigen Menüpunkt ergeben.

Hinweis: Dieser Menüpunkt dient nicht dazu, den Controller bei einem Endverstärkertausch an einen evtl. abweichenden Verstärkungsfaktor des neuen Endverstärkers anzupassen! Des Weiteren darf im Falle der Ansteuerung eines K+H Studiomonitores hier keine pegelmäßige Anpassung der einzelnen Wege vorgenommen werden. Eine Ausnahme stellt der Betrieb in Verbindung mit einem Subwoofer dar, dessen Pegel unter Sub eingestellt wird, um diesen an das Topteil (z.B. der Studiomonitor) anzupassen.

14 Channel Phase Invert

In diesem Menüpunkt kann die Phasenlage für jeden Weg und Kanal getrennt invertiert werden. Es ergeben sich dieselben Einstelloptionen wie in den vorhergehenden Menüpunkten. Durch Drücken des Inkrementgebers wird eine vorgenommene Einstellung eines Weges auch in den anderen Wegen wirksam.

15 Channel Delay

In diesem Menüpunkt kann eine individuelle Signalverzögerungszeit für jeden einzelnen Ausgangsweg des PRO C 28 eingestellt werden, zum Beispiel um unterschiedliche Signallaufzeiten bei den einzelnen Lautsprecherkomponenten eines PA-Lautsprechersystems auszugleichen. Die Einstellung wird in ms vorgenommen und es kann wie auch in den vorhergehenden Menüpunkten ausgewählt werden, ob sie im rechten, linken oder in beiden Kanälen wirksam wird.

16 Delay Link

In diesem Menüpunkt können einzelne Lautsprecherwege für die Einstellung der Wege-Verzögerungen im vorherigen Menüpunkt *Channel Delay* zusammengefasst werden, so dass sich die Verzögerungszeiten in mehreren Wegen (Mid+High oder Low+Mid+High) gleichzeitig einstellen lassen.

17 Limiter

Dieser Menüpunkt ermöglicht eine Veränderung der Release-Zeitkonstante des im PRO C 28 enthaltenen Peak-Limiters, der vor Endstufenclipping sowie vor zu großen Membranauslenkungen schützt. Der gewünschte Wert wird durch Drehen des Inkrementgebers eingestellt.

Durch Druck auf den Inkrementgeber bzw. Betätigen der Entertaste der Fernbedienung wird die Display-Testfunktion ausgeführt, bei der sämtliche Pixel des VF-Displays eingeschaltet werden. Außerdem werden nacheinander die 8 Limiter LEDs, die MIDI-LED sowie die drei Menü-LEDs getestet.

3.3 System – Menü

(Eprom-Versions-Nr.: KH 1.048)

0	**K+H Pro C 28** **System Menu**

No. / Name of Menu Step	Selectable Options	Units	Default Setting	Hierarchy Level 0	1	2	3	4	5
1 Brightness	LEDs [%]	0,50,75,100 %	100			X	X	X	X
	Display [%]	25,50,100 %	100						
2 Midi Settings	Channel	1...16	1						X
	out [out only / out-trough / loop]	---	out only						
	Baudrate [Midi / RS232]	31250 / 9600	RS-232 (9600)						
	ParaChg [on / off]	---	off						
	TX-Chn	1...16, OCM	1						
	TMP	38...255 BMP	100						
	Midi-Monitor [start]	---							
3 Security Level / Password	Load Level Nr.	0...5	5	X	X	X	X	X	X
	Password	---	0000						
4 Change Password	(Name)	---	0000						X
5 IR Control	[on / off]	---	on				X	X	X
6 AES Stat./ Sample Rate	S.Rate [kHz]	---	---					X	X
7 Version No. (Betriebssystem)	Reeboot	---	---						X
	Initialize	---	---						
8 Service Section	Check LED's and Display	---	---						X
9 Version No. (Eprom)	---	---	App. V KH 1.0XX	X	X	X	X	X	X

Erläuterung der einzelnen Menüpunkte:

0 K+H PRO C 28
- System Menu -
Menüüberschrift

1 Brightness
In diesem Menüpunkt können verschiedene Helligkeitsstufen für das VF-Display gewählt werden. Die Auswahl der einzelnen Stufen erfolgt durch Drehen des Inkrementgebers, die Aktivierung durch Drücken auf den Inkrementgeber.

2 MIDI Settings
In diesem Menüpunkt werden die Einstellungen der im PRO C 28 integrierten MIDI/RS-232 – Schnittstelle festgelegt. Die einzelnen Optionen sind auf mehrere Menütafeln verteilt, zwischen denen mittels der left / right - Pfeiltasten umgeschaltet werden kann. Nähere Angaben hierzu sind dem Kapitel 4.2 zu entnehmen.

3 Security Level / Password
In diesem Menüpunkt können 6 verschiedene Benutzer-Schutzebenen (0...5) für die Bedienung des PRO C 28 angewählt werden, bei denen jeweils verschiedene Menüpunkte in den drei Menüs sichtbar und damit bedienbar sind. Auf diese Weise kann Art und Umfang der Bedienungsmöglichkeiten des PRO C 28 an unterschiedlich autorisierte Benutzergruppen angepasst werden. Hierdurch wird der Gefahr von Fehlbedienungen in hohem Maße entgegengewirkt.
Darüber hinaus kann z.B. ein für eine PA-Festinstallation eingestelltes Gerät in seiner Bedienung wesentlich vereinfacht werden, indem nur noch die für den normalen Betrieb benötigten Menüpunkte sichtbar sind.
Die Schutzebenen können nach Eingabe des Passwortes mit den Ziffern 0...5 aufgerufen werden. Hierzu wird zunächst der Cursor mittels der left bzw. right-Pfeiltaste nacheinander an die einzustellenden Passwort-Stellen gebracht um dort durch Drehen des Inkrementgebers die entsprechenden Zeichen anzuwählen. Unter *Security Level Nr.* wird dann die Nummer der gewünschten Schutzebene durch Drehen des Inkrementgebers ausgewählt und durch anschließenden Druck auf den Inkrementgeber aktiviert.

4 Change Password
In diesem Menüpunkt kann das Password des PRO C 28 geändert werden. Hierzu muss zunächst im vorherigen Menüpunkt das noch gültige Passwort wie beschrieben eingegeben und mit Enter bestätigt werden. Wenn der Schriftzug „unlocked“ erscheint, durch einmaliges Betätigen der Down-Pferiltaste in diesen Menüpunkt wechseln. Nach Drücken des Inkrementgebers erscheint das soeben eingegebene, noch aktuelle Password. Durch Anwahl der verschiedenen Stellen mit den Left/Right Pfeiltasten und Drehen des Inkrementgebers werden die Stellen des Passwortes geändert. Nach abschließender Bestätigung mit Enter wird dieses neue Passwort übernommen.
Hinweis: Durch Initialisieren des Gerätes (zB. Durch Anwahl des Menüpunktes *Verion No.* des Sys-Menüs oder durch Drücken der Entertaste währen des Einschaltens) wird das Password wieder auf den Standardwert 0000 gesetzt. Hierbei werden aber auch sämtliche vorgenommenen Einstellungen aller Menüs auf ihre Standardwerte (siehe Menüpunkttabellen unter der Spalte „Default Einstellungen“) gesetzt.

5 IR Control
In diesem Menüpunkt kann die Infrarotfernbedienung ein- oder ausgeschaltet werden.

6 AES Stat. Sample Rate
Dieser Menüpunkt zeigt die Taktfrequenz an, mit der der PRO C 28 arbeitet. Es handelt sich um einen reinen Status-Monitor, bei dem keine Eingaben möglich sind.

7 Version No.(Betriebssystem)
In diesem Menüpunkt wird die Versionsnummer des PRO C 28 - Betriebssystems angezeigt. Des Weiteren kann durch die Bestätigung der Option *Reboot* mit der Entertaste ein Neustart des Digitalcontrollers veranlasst werden. Diese Aktion entspricht einem Neueinschalten des Gerätes, wodurch sämtliche Einstellungen in den einzelnen Menüs erhalten bleiben. Demgegenüber werden durch Auswahl der Option *Clr. Ram* sämtliche Einstellungen der Menüs auf die Standardwerte (Auslieferungszustand) gesetzt. Bei der Option *Clr. Flash* wird der FlashRom-

Speicher des PRO C 28 gelöscht, in dem die Parametersätze abgelegt sind. Nachdem die letzteren beiden Option durch Drücken des Inkrementgebers bestätigt werden, erfolgt eine weitere Abfrage: Durch Drücken der Main-Menütaste (entspricht F2) wird die jeweilige Aktion ausgeführt, während man den Menüpunkt durch Drücken der System-Menütaste (entspricht F1) wieder verlassen kann.

8 Service Section

Dieser Menüpunkt dient zum Testen der LED-Anzeigen und wird durch Druck auf den Inkrementgeber aktiviert

9 Version No. (Eprom)

In diesem Menüpunkt wird die Nummer der Software-Version angezeigt, mit der der O 500 C arbeitet und die im internen EPROM des Digitalcontrollers gespeichert ist.

3.4 EQ – Menü

(Eprom-Versions-Nr.: KH 1.048)

0	K+H Pro C 28 EQ Menu

No. / Name of Menu Step	Selectable Options	Units	Default Setting	Hierarchy Level 0	1	2	3	4	5
1 EQ Set	Low Cut [Hz]	off, 40...80 [10] Hz	off						
	Bass EQ [dB]	-10...0 [2] dB	0					X	X
	Mid EQ [dB]	-5...0 (1) dB	0						
	High EQ [dB]	-4...1 (1) dB	0						
2 EQ	Gain [dB]	-24...0 dB	-3					X	X
	EQ [on / off]		on						
3 EQ 1	Channel [L, R, L+R]	---	LR						
	Type [HS12, HS6, LS12, LS6, Peak,	---	Peak						
	HP12, HP6, LP12, LP6]	---						X	X
... ...	Q	0,1...6355	2						
	Frequency [Hz]	---	(different)						
12 EQ 10	Gain [dB]	-99...12 dB	0.0						
13 Load EQ Setup	No. / Name	---	000 Default Setup				X	X	X
14 Save EQ Setup	Enter Setup Name / Enter Setup No.	---	Default Setup					X	X

Erläuterung der einzelnen Menüpunkte:

0 K+H PRO C 28
- EQ Menu -

Menüüberschrift

1 EQ Set

In diesem Menüpunkt können die Einstellungen für eine evtl. notwendige Ortsanpassung des Lautsprechersystems auf einfache Weise vorgenommen werden. Die Einstellung eines Wertes erfolgt wie üblich durch Drehen, die Übernahme des eingestellten Wertes erfolgt durch Drücken des Inkrementgebers. Mit den left / right-Pfeiltasten wird der Cursor zwischen den vier Optionen bewegt.

2 Gain / EQ

Die in diesem Menüpunkt unter *Gain* einzustellende Absenkung richtet sich nach der größten Anhebung, die in den Menüpunkten *EQ Set* bzw. *EQ1...EQ10* eingestellt wurde, wodurch eine evtl. Übersteuerung der nachfolgenden Signalverarbeitung durch anhebende EQ-Bänder verhindert wird. Mit *EQ off* werden sämtliche in den Menüpunkten *EQ Set* und *EQ1...EQ10* eingestellten EQ-Bänder aus dem Signalweg genommen. Die Einstellung unter *EQ Gain* ist hiervon allerdings nicht betroffen, das heißt der hier eingestellte Wert ist weiterhin gültig.

3 EQ1...12 EQ10

Jeder dieser 10 aufeinanderfolgenden Menüpunkte bietet einen vollparametrischen EQ, der jeweils in beiden Eingangskanälen, getrennt für links und rechts oder nur in einem wirksam sein kann. Der Frequenzverlauf eines jeden EQs lässt zwischen Glocken- (*Peak*) und Shelvingcharakteristik mit verschiedenen Flankensteilheiten umschalten. In den weiteren Optionen dieser 10 Menüpunkte können bei der Betriebsart Glocke (*Peak*) die Güte, Mittenfrequenz und Verstärkung bei der Mittenfrequenz eingestellt werden. Bei Auswahl eines Shelving-filters kann die –3dB-Frequenz sowie die Verstärkung

eingestellt werden. Durch Drücken des Inkrementgebers werden die Einstellungen des jeweiligen EQ-Bandes übernommen.

13 Load EQ Setup

In diesem Menüpunkt können EQ Setups geladen werden. Ein EQ Setup beinhaltet sämtliche Einstellungen aller Menüpunkte *3 EQ1 ... 12 EQ10* sowie des Menüpunktes *EQ Set.* Das Aufrufen erfolgt durch Drehen des Inkrementgebers, bis der Name des gewünschten Setups angezeigt wird. Dieses wird durch anschließendes Drücken des Inkrementgebers übernommen.

13 Store EQ Setup

Um die Einstellungen der Menüpunkte *3 EQ1 ... 12 EQ10* des EQ-Menüs in einem neuen Setup abzuspeichern, wird nach Drücken des Inkrementgebers zunächst unter *Enter Setup Name* der gewünscht Setup-Name eingegeben, indem man mit der down - Pfeiltaste ein Zeichen A, a, 0, einstellt und dann hiervon ausgehend die gewünschten Buchstaben bzw. Zahlen durch Drehen des Inkrementgebers auswählt. Mittels der left / right - Pfeiltasten wird der Cursor zwischen den einzelnen Stellen des Wortes bewegt. Wie bereits im Kap. 3.2 beschrieben, kann auch hier ein nicht gewünschter Schriftzug mittels gleichzeitig gedrückter Shift- und Right-Pfeiltaste aus dem Anzeigebereich des Displays herausgeschoben und gelöscht werden. Anschließend wird durch Drücken des Inkrementgebers unter *Enter Setup No.* die Nummer des Setups gewählt. Abschließend werden die Eingaben durch Drücken des Inkrementgebers übernommen. Das Setup kann zukünftig unter *13 Load EQ Setup* wie oben beschrieben aufgerufen werden.
Hinweis: Der Menüpunkt Store Setup kann durch Drücken der System - Menütaste vorzeitig wieder verlassen werden.

Anmerkung:

Die Einstellungen der verschiedenen EQs werden ausführlich im Kap. 5 (Raumanpassung) beschrieben.

4.1 Infrarotfernbedienung

Die optional erhältliche Infrarot - Fernbedienung RC 55 besitzt 36 Gummitasten, mit denen sämtliche Funktionen des PRO C 28 bedient werden können. Zusätzlich zu den Standard - Bedienfunktionen wie Menüwahltasten, Pfeiltasten und Inkrementtasten, sind zahlreiche Direktzugriffstasten vorhanden, die wichtige Funktionenen des PRO C 28 steuern.

Anhand der nachstehenden Abbildung des Fernbedienungsaufdruckes werden die einzelnen Tasten erläutert:

Menü-, Pfeil- und Inkrementtasten

Diese Tasten entsprechen den Tasten auf der Frontplatte des PRO C 28: Die +/--Tasten entsprechen dem Drehen des Inkrementgebers, die Enter-Taste bewirkt das gleiche wie die Druckfunktion des Inkrementgebers.

Zifferntastenblock

Mit den Zifferntasten (*1 ... 0, *, #*) können die Menüpunkte der einzelnen Menüs direkt aufgerufen werden. Hierzu wird im jeweiligen Menü die dem gewünschten Menüpunkt zugeordnete Nummer gewählt. Die Nummern der Menüpunkte gehen aus den Übersichten im Kap. 3 hervor.
Es ist zu beachten, dass nur die sichtbaren Menüpunkte der jeweils aktivierten Hierarchieebene angewählt werden können!

Setup-Tasten

Mit den Setup-Tasten (*Setup 1 ... Setup 4*) können die gleichnamigen Setups des Menüpunktes *11 Setup* des Main-Menüs direkt aufgerufen werden. Hierzu müssen natürlich im Vorfeld entsprechende Setups unter den Nummern 1...4 abgespeichert werden, siehe Kap. 3.2

IR on/off

Mit dieser Direktzugriffstaste kann die Funktion der IR-Fernbedienung aus- und wieder eingeschaltet werden. Bei Betätigen der Taste wird automatisch an den zugehörigen Menüpunkt des System-Menüs gesprungen.

Room EQ

Bei Betätigung dieser Taste wird zum Menüpunkt *1 EQ Set* des EQ-Menüs gesprungen, um die Orts-EQ Funktion (siehe Kap. 5.1) des PRO C 28 einzustellen.

EQ on/off

Bei Betätigung dieser Taste wird zum Menüpunkt 2 EQ des EQ-Menüs gesprungen und der EQ ein- bzw. ausgeschaltet.

-20 dB

Diese Taste hat beim Pro C 28 keine Funktion.

Mute

Bei Betätigung der Taste „Mute“ wird im Menüpunkt *4 Mute* des Main-Menüs eine Absenkung des Signalpegels um den unter „*Mute Attenuation*“ eingestellten Wert ausgelöst.

Vol +/-

Beim Betätigen einer dieser Tasten wird in den Menüpunkt 2 Input Gain gesprungen und der darunter befindliche dB-Wert entsprechend geändert.

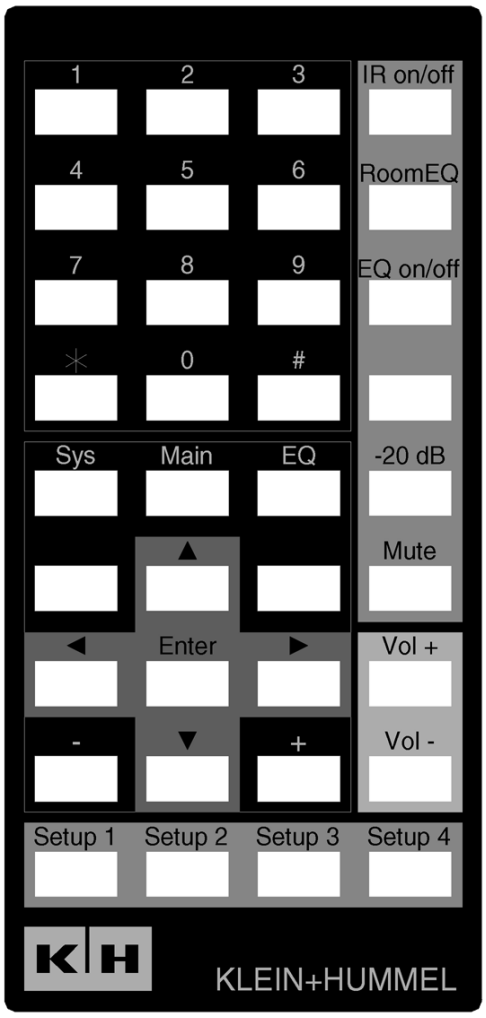


Abb. 4.1/1: Das Etikett der IR-Fernbedienung RC 55

Abb. 4.1/2: Ansicht des Fernbedienungsgebers RC-55

4.2 Steuerung per RS-232 / MIDI

4.2.1 Schnittstellenverkabelung

Die Sub-D Buchse auf der Rückseite des PRO C 28 stellt mehrere Schnittstellen bereit:

- MIDI-Schnittstelle mit MIDI In, MIDI Out und MIDI Through
- RS-232 Schnittstelle
- Schnittstelle für optionales Memory-Modul

Aus der Abb. 4.2/1 geht die Belegung dieses 25 poligen SUB-D Verbinders hervor.
Es sollte darauf geachtet werden, für jede Anwendung auch den richtigen Masseanschluss zu verwenden, siehe Abbildung.

Um die MIDI-Schnittstelle in Verbindung mit den üblichen MIDI-Kabeln (DIN Stecker) zu verwenden, muss ein entsprechender Adapter bereitgestellt werden, der gemäß Abb. 4.2/2 verschaltet wird.
Die MIDI-Schnittstelle ermöglicht die simultane Bedienung mehrer PRO C 28, so dass eine an einem Gerät vorgenommene Einstellung gleichzeitig auch an allen anderen Geräten erfolgt.
Sollen beispielsweise zwei PRO C 28 miteinander verbunden werden, so wird die MIDI Out Buchse des einen Gerätes mit der MIDI In Buchse des anderen und umgekehrt über ein 5-poliges Standard-Midikabel verbunden, welches eine Länge von bis zu 15 m aufweisen darf.

Im Menüpunkt *2 Midi Settings* des System-Menüs müssen, ausgehend von den Default-Einstellungen, die folgenden Einstellungen vorgenommen werden:

Menüpunkt: *2 Midi Settings:*

Baudrate = MIDI ParaChg = on

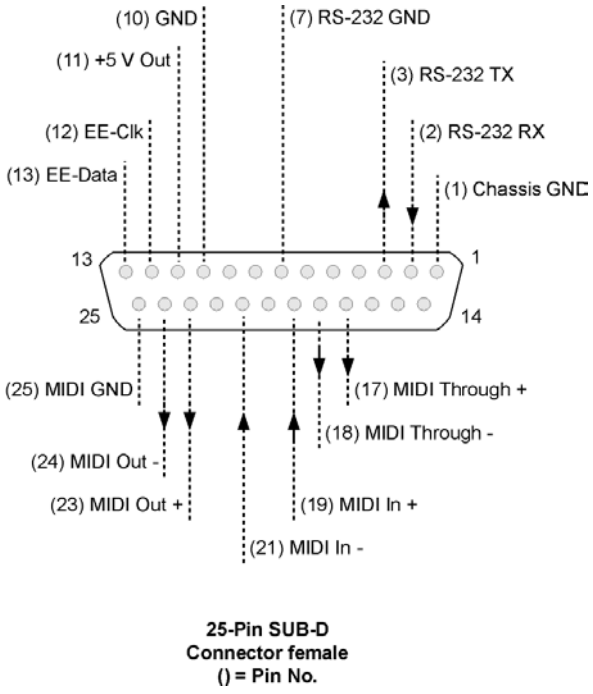


Abb. 4.2/1: Pinbelegung des Schnittstellensteckers

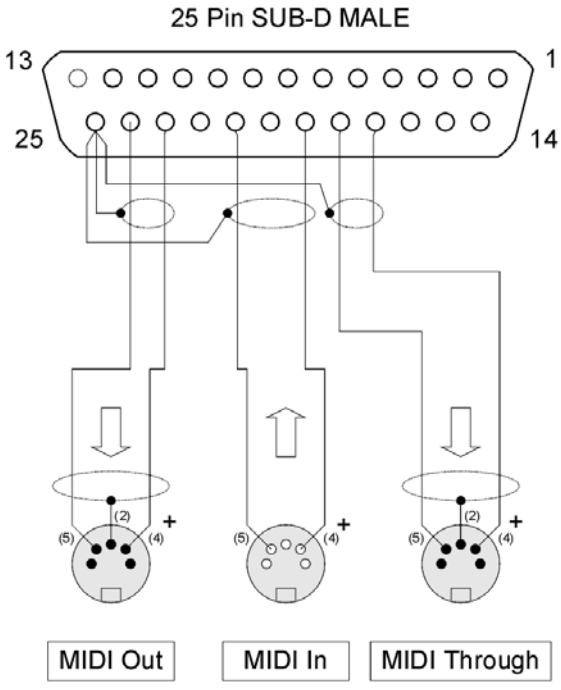


Abb. 4.2/2: Verschaltung eines MIDI-Adapters

Um ein Gerät zum Befehlsgeber und das andere zum reinen Befehlsempfänger zu machen (Master-Slave-Betrieb), wird beim Befehlsempfänger die Option „ParaChg“ auf „off“ gesetzt. Das MIDI-Kabel von der Out-Buchse des Slave zur In-Buchse des Master entfällt. Alternativ kann auch der in Abb. 4.2/3 gezeigte Adapter verwendet werden, um die beiden Geräte miteinander zu verbinden.

Der eigentliche Vorteil des MIDI-Betriebs wird allerdings erst bei der Verschaltung von mehr als zwei Geräten ersichtlich: Hier wird eine Kettenstruktur aufgebaut, indem der Midi-Out des steuernden Gerätes (Master) mit dem MIDI-In des nächsten und dann das Signal von dessen MIDI-Throgh Buchse zum nächsten MIDI-In weitergeschleift wird, siehe Abb. 4.2/4.
Auf diese Weise werden alle PRO C 28 der Kette durch den Master gesteuert.
Im Menüpunkt *2 Midi Settings* muss dann unter „*Out*“ die Option „*Out/Thr*“ eingestellt werden. Des weiteren sollte die Fernbedienbarkeit bei den zu steuernden Geräten deaktiviert sein (Taste „*IR on/off*“), so dass die IR-Strahlung nur vom Master-Gerät ausgewertet wird.

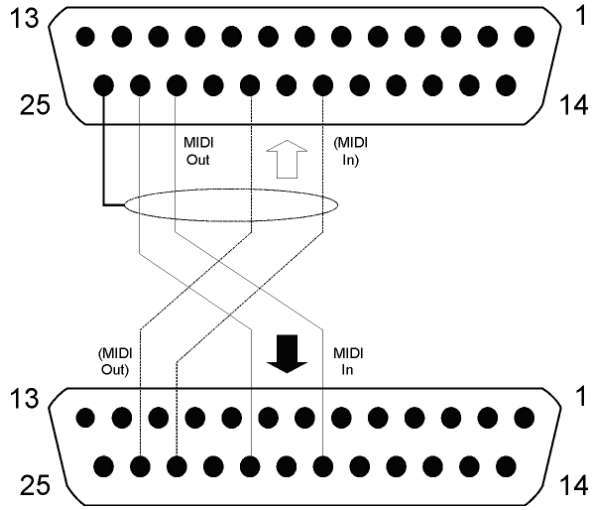


Abb. 4.2/3: Verschaltung eines Datenkabels zur Verbindung von zwei PRO C 28 über die MIDI-Schnittstelle. Beim Master Slave-Betrieb werden die gestrichelten Verbindungen nicht benötigt, in diesem Falle wird der obere Stecker am Master Gerät und der untere am Slave-Gerät angeschlossen.

Die RS-232 Schnittstelle dient dem Datentransfer zwischen dem PRO C 28 und einem Personal Computer. Die Einstellungen im Menüpunkt 2 Midi Settings erfolgen so wie oben beschrieben, allerdings wird unter „Baudrate“ die Option „RS-232“ eingestellt.
Abbildung 4.2/5 zeigt die Verschaltung des Verbindungskabels zwischen dem PRO C 28 und einem Personal Computer zur Übertragung der Parametersätze, wie sie in Kap. 6.2 beschrieben wird. Es handelt sich hierbei um ein sog. „Modemkabel“, wie es bei den einschlägigen Bezugsquellen erhältlich ist (z.B. RS Components Nr. 777-558).

Abb. 4.2/4: MIDI-Kette

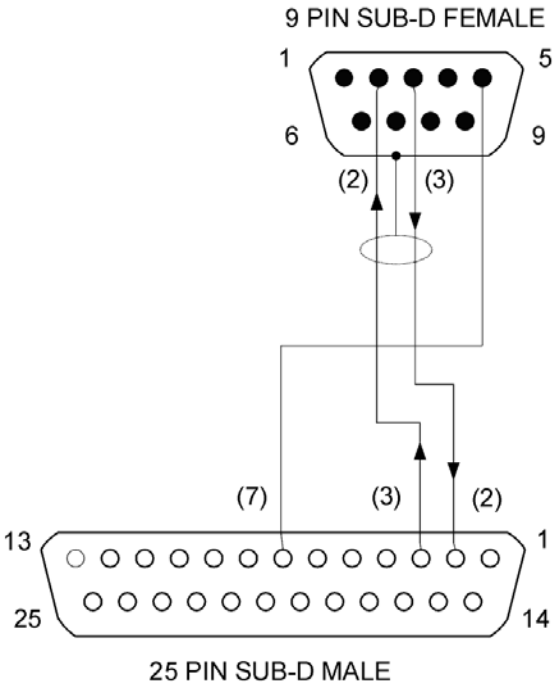


Abb. 4.2/5: Verschaltung des Verbindungskabels zwischen PRO C 28 und PC

4.2.2 Midi-Befehle

In diesem Abschnitt wird die Befehlsstruktur erläutert, mit der die einzelnen Funktionen des PRO C 28 aufgerufen bzw. Einstellungen vorgenommen werden können. Die Steuerung erfolgt mittels eines vom Anwender zu stellenden IBM-kompatiblen PCs, der über das in Abb. 4.2/5 gezeigte Adapterkabel mit dem PRO C 28 verbunden ist.
Zur Übertragung der Befehle ist ein separates DOS-Programm „BIN2SYX“ erforderlich, das von KLEIN + HUMEL auf Diskette geliefert wird. Dieses wird in ein Verzeichnis auf die Festplatte des PCs kopiert und nach Wechsel in dieses Verzeichnis (z.B. Hauptverzeichnis `C:\`) die folgende Befehlszeile eingegeben:

```
C:\bin2syx p x 2 9600 XXX Y
```

Die Syntax dieses Befehls ist in Abb. 4.2/6 näher erläutert. In der Tabelle sind sämtliche Steuerungsmöglichkeiten zusammengefasst.

Beispiele:
Der PRO C 28 sei an den COM2 Port des PCs angeschlossen und bin2syx wurde ins Verzeichnis C:\ kopiert.

1. Aufruf des Setups 004:
Eingabe: `c:\bin2syx p x 2 9600 64 4`

2. Die Input Gain Einstellung auf +35 dB setzen:
Eingabe: `c:\bin2syx p x 2 9600 65 118`

3. Den digitalen Eingang anwählen:
Eingabe: `c:\bin2syx p x 2 9600 106 1`

MIDI-Befehle Pro C28 KH KLEIN + HUMEL

Syntax: `BIN2SYX p x 1 9600 XX Y`
mit: 1 = Schnittstelle, 1=COM1; 2=COM2
9600 = Baudrate
XX = Befehl-Nr. (aus Tabelle)
Y = Wert aus (Tabelle)

Befehl-Nr. XX	Bezeichnung	Wert Y = ...
64	Load Setup	0 = Setup 000 ... 14 = Setup 014
65	Input Gain	0 = -83 dB ... 128 = +45 dB
66	Channel Gain	0 = L>, 1 = LR
67	Channel Gain Sub	0 = -18 dB ... 48 = +6 dB [Inc. 1 = 0.5 dB)
68	Channel Gain Low	
69	Channel Gain Mid	
70	Channel Gain High	
71		
72		
73		
74		
75		
76	Channel Delay	0 = L>, 1 = LR
77	Channel Delay Sub	t[ms] = Y * 0.3628
78	Channel Delay Low	
79	Channel Delay Mid	
80	Channel Delay High	
81		
82		
83		
84		
85		
86	Phase Invert	0 = L>, 1 = LR
87	Phase Invert Sub	0 = no, 1 = yes
88	Phase Invert Low	
89	Phase Invert Mid	
90	Phase Invert High	
91		
92		
93		
94		
95		
96	Channel Mute	0 = L>, 1 = LR
97	Channel Mute Sub	0 = no, 1 = yes
98	Channel Mute Low	
99	Channel Mute Mid	
100	Channel Mute High	
101		
102		
103		
104		
105		
106	Input Select	0 = Analog, 1 = Digital, 2 = Digital Insert
107	Master Delay	t[ms] = Y * 0.3628
108		
109	Level Meter	0 = off, 1 = on
110	Input Balance	0 = R-16 dB ... 32 = L-16 dB
111	Limiter Release	0 = 10 dB/s ... 240 = 250 dB/s
112		
113		
114	Mute Attenuation	0 = +40 dB ... 40 = 0 dB
115	Mute	0 = off, 1 = on
116	Delay Link	0 = off, 1 = Mid + Hi, 2 = Mid + Hi + Low
117		
118	Digital Output	0 = off, 1 = on
119	Top (= Zeile)	0 = Z1, 1 = Z2, 2 = Z3 ...
120	Subwoofer (= Spalte)	0 = S1, 1 = S2, 2 = S3 ...
121	Gain Offset Analog	0 = -30 dB ... 60 = +30 dB
122	Gain Offset Digital	0 = -30 dB ... 60 = +30 dB
123		
124		
125	Input Routing	0 = normal, 1 = Reverse, 2 = Mono
126	System Menu	0 = Z0
127	Main Menu	0 = Z0
128	EQ Menu	0 = Z0
129		
130		
131	Flash Löschen, Parametersätze laden	
132	Delay Offset L	0 = 20 us, 1 = 22 us, ... (1000 = 5260 us)
133	Delay Offset R	0 = 20 us, 1 = 22 us, ... (1000 = 5260 us)
134		
135		
136	Load EQ Setup	0 = Setup 000 ... 15 = Setup 015
137	EQ Gain	0 = -24 dB ... 24 = 0 dB
138	EQ on/off	0 = off, 1 = on
139		
140	EQ Set - LowCut	0 = 30 Hz ... 5 = 80 Hz (Ink. 1 = 10 Hz)
141	EQ Set - Bass	0 = -10 dB ... 5 = 0 dB (Ink. 1 = 2 dB)
142	EQ Set - Mid	0 = -5 dB ... 5 = 0 dB (Ink. 1 = 1 dB)
143	EQ Set - High	0 = -4 dB ... 3 = 1 dB (Ink. 1 = 1 dB)
144	EQ Type	
145	EQ Gain	
146		
147	EQ Q	
148		

Abb. 4.2/6: Aufstellung der einzelnen Befehle zur Steuerung des PRO C 28

4.3 PC-Archivierung der Userparameter

Es empfiehlt sich, häufig verwendete Einstellungen in Verbindung mit Lautsprecherparametersätzen als Main-Setup abzuspeichern.
Zum einfachen Übertragen dieser Einstellungen auf einen weiteren PRO C 28 und zur Archivierung dient eine über K + H zu beziehende Batch-Datei.

Vorgehensweise des Datensicherns und –Rücksicherns:

- Erstellen eines Verzeichnisses (z.B. C:\Setups) auf einen DOS-PC
- Erstellen von Unterverzeichnissen jeweils für jeden PRO C 28, dessen Einstellungen gesichert werden sollen
- Kopieren der Dateien von der Diskette in das (die) Unterverzeichnisse
- Verbinden der seriellen Schnittstelle des PCs mit dem PRO C 28 über ein Schnittstellenkabel (siehe Abb. 4.2/5)
- Alle weiteren Verbindungsleitungen (außer Netz und RS-232) am PRO C28 entfernen und den GND-Lift Schalter betätigen
- Im Menüpunkt *MIDI-Settings* (SYSTEM-Menü) unter „Baudrate“ die Option RS-232 einstellen
- Den PC im DOS-Modus starten (keine DOS-Box unter Windows!)
- Zum Speichern der MAIN-Setups auf den PC die Batch „ZUM-PC“ aus dem gewünschten Unterverzeichnis aufrufen
- Es werden die Dateien Main00 bis Main14 in das jeweilige Verzeichnis kopiert. (Auf dem VF-Display des PRO C 28 wird nichts angezeigt)
- Zum Rücksichern der Setups auf den PRO C 28 wird aus dem jeweiligen Setup-Verzeichnis die Batch *„VOM-PC“* aufgerufen

5.1 Orts - EQ

Allgemeines

Die Lautsprecherparametersätze des PRO C 28 wurden von K + H in der Art optimiert, dass sich in einer reflexionsarmen Abhörumgebung ein linearer Frequenzgang des Gesamtsystems bestehend aus dem Lautsprechersystem, den Endverstärkern sowie dem PRO C 28 selbst ergibt.
Eine solche reflexionsarme Abhörumgebung wird in der Praxis nicht vorliegen, ganz im Gegenteil hierzu führen raum- und aufstellungsbedingte Unzulänglichkeiten zu mitunter sehr starken Unlinearitäten im Frequenzgang.
Dieses Kapitel soll die Einsatzmöglichkeiten der im PRO C 28 integrierten Orts-EQ Funktion zur Beseitigung aufstellungsbedingter Unlinearitäten im Frequenzgang beschreiben.

(Die durch den Abhörraum selbst hervorgerufenen Unlinearitäten im Frequenzgang werden im nachfolgendenden Kapitel 5.2 behandelt!)

Zur Entstehung aufstellungsbedingter Unlinearitäten im Frequenzgang

Dem Entstehen von aufstellungsbedingten Abweichungen vom linearen Ideal des Frequenzganges liegt stets das Prinzip der Interferenz von Schallwellen zugrunde. Allgemein formuliert sind an einer Interferenz immer zwei oder mehr Schallwellen beteiligt, die jeweils von verschiedenen, räumlich auseinanderliegenden Schallquellen generiert wurden. Bei zwei interferierenden Signalen können sich diese an der Hörposition im Extremfall zum doppelten Pegel (0° Phasenversatz) aufaddieren und sich bei 180° Phasenversatz komplett auslöschen. Dazwischen sind natürlich alle Pegelverhältnisse vorstellbar.

Interferenzen werden also stets durch zwei oder mehrere räumlich auseinanderliegende Schallquellen verursacht. In diesem Fall wird eine dieser Schallquellen durch den Lautsprecher selbst gebildet: Es handelt sich hierbei um die sogenannte Primärschallquelle, deren ausgesandte Schallwellen als das Nutzsignal angesehen werden können.
Die Sekundärschallquellen entstehen demgegenüber durch Streuungen der von der Primärschallquelle (dem Lautsprecher) ausgesandten Schallwellen an verschiedenen sich im Raum befindlichen Hindernissen wie z.B. Wände, Dekken und Boden des Raumes sowie sämtliche sich im Raum befindlichen Gegenstände. Die Streuung einer Schallwelle an einem Hindernis wird durch zwei Erscheinungen charakterisiert: zum einen durch die Beugung der Schallwelle an den Kanten des Hindernisses und zum anderen durch die Reflexion an seiner Fläche, sofern diese groß im Vergleich zur Schallwellenlänge ist.
Die aufgrund der Reflexionen zurückgeworfenen Schallwellen (Sekundärschallquellen) interferieren nun mit denjenigen Schallwellen, die direkt von der Primärschallquelle ausgesandt wurden.

Diejenigen Frequenzen oder Frequenzbereiche, bei denen sich die Interferenzen im Frequenzgang störend bemerkbar machen sowie die Stärke ihrer Auswirkung werden durch eine Vielzahl von Faktoren bestimmt, die sich in ihrer Gesamtheit kaum erfassen bzw. berücksichtigen lassen, wie z.B.:

- Die räumlichen Abstände zwischen Messmikrofon (bzw. Abhörbereich), Lautsprechersystem und einem Hindernis
- Das Abstrahlverhalten des Lautsprechersystems
- Verschiedene Eigenschaften der Hindernisse selbst wie z.B. Oberflächenstruktur- und Material, mechanische Konstruktion usw.

Gerade der letzte Punkt spielt eine wichtige Rolle, da hier ein großer Einfluss auf das Verhältnis zwischen vom Hindernis absorbierter und reflektierter Schallenergie und damit auf die Stärke der Sekundärschallquellen ausgeübt wird.

Einsatz der im PRO C 28 enthaltenen Orts-EQ Funktion

Der PRO C 28 verfügt über drei leistungsfähige Funktionen zur Kompensation von Frequenzgangunlinearitäten, welche durch die Aufstellung des Lautsprechersystems in der Abhörumgebung hervorgerufen wurden: Die Kompensation über individuell erzeugte raumspezifische Lautsprecherparametersätze (Kap. 6.4), den vollparametrischen EQ (Kap. 5.2) sowie die komfortable, im folgenden beschriebene Orts-EQ-Funktion.

Sämtliche Einstellungen hierzu werden im Menüpunkt *1 EQ Set* des EQ-Menüs vorgenommen. Auf den folgenden Seiten werden die Optionen einzelnen mit typischen Anwendungsbeispielen vorgestellt.

Wichtige Hinweise
Bei der Einstellung der Orts-EQs ist zu beachten, dass die obigen Beispiele keine verbindliche Richtlinie darstellen, sondern vielmehr als Empfehlung bzw. Anschauung für die praktische Anwendung zu verstehen sind.
Eine vorgenommene Einstellung sollte mit verschiedenem Musikmaterial sorgfältig überprüft oder noch besser durch eine Messung des Frequenzganges verifiziert werden.

Low Cut

Mit dieser Funktion kann die untere Grenzfrequenz des Gesamtsystems eingestellt werden. Es sind Grenzfrequenzen von 30 ... 80 Hz in 10 Hz-Schritten einstellbar:

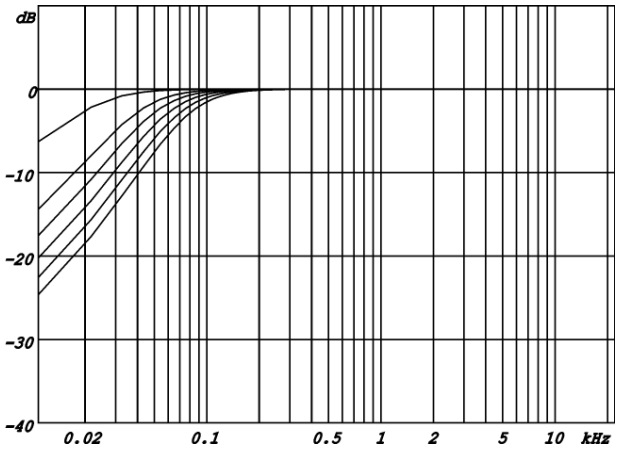


Abb. 5.1/1: Low Cut-Funktion, durchgeschaltet von 30...80 Hz (Schrittweite 10 Hz)

Die Anhebung der unteren Grenzfrequenz ist sinnvoll, falls eine Anregung des Abhörraumes unterhalb einer bestimmten Frequenz mit Sicherheit vermieden werden muss. Außerdem dient sie der Simulation kleinerer Abhörlautsprecher mit entsprechend höherer unterer Grenzfrequenz.

Bass EQ

Hier kann der Tieftonpegel in 2 dB-Stufen bis maximal –10 dB abgesenkt werden, ohne dabei die untere Grenzfrequenz zu verändern:

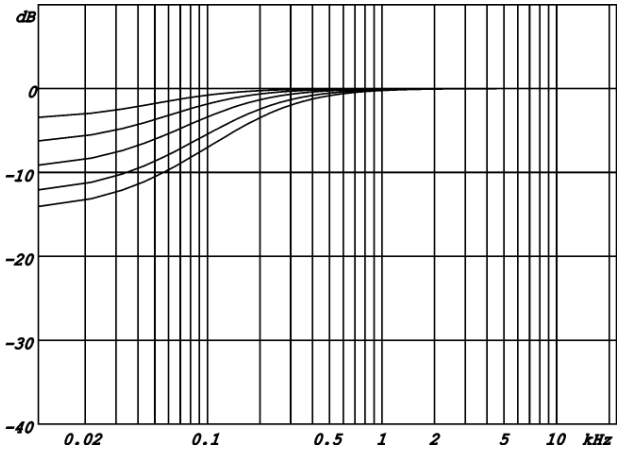


Abb. 5.1/2: Bass EQ - Funktion, durchgeschaltet von 0...-10 dB (Schrittweite –2 dB)

Die Einstellung einer Absenkung in diesem Frequenzbereich bietet sich z.B. bei einer Aufstellung des Lautsprechersystems in der Nähe einer Wand oder in einer Raumecke an, da eine solche Aufstellungsweise eine Verstärkung der tiefen Frequenzen bewirkt. Diese Verstärkung ist um so größer, je größer die Anzahl der verschieden orientierten Flächen ist, die sich in der Nähe des Lautsprechersystems befinden: Jede Fläche, deren Abmessung sich im Bereich dieser tieffrequenten Wellenlängen bewegt, stellt eine Sekundärschallquelle dar, deren Schallwellen mit den Primärschallwellen des Lautsprechersystems interferieren, was in diesen Frequenzbereichen stets zu einer Verstärkung führt.

Mid EQ

Mit dieser Funktion kann der Pegel im mittleren Frequenzbereich in 1 dB-Stufen bis maximal -5 dB abgesenkt werden:

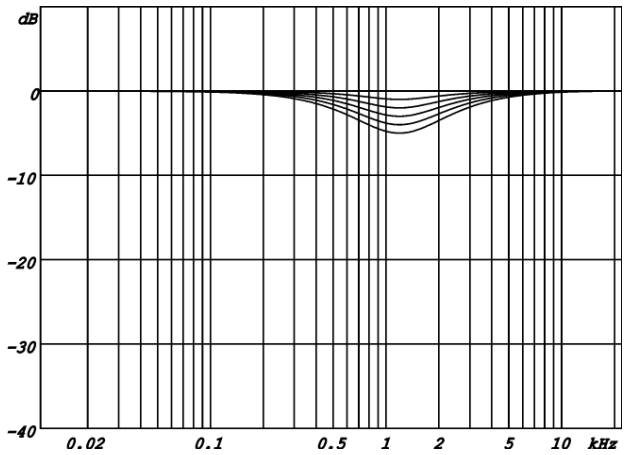


Abb. 5.1/3: Die Mid EQ – Funktion, durchgeschaltet von 0...-5 dB (Schrittweite 1 dB)

Eine Absenkung in diesem Bereich wird z.B. bei der Aufstellung eines Lautsprechersystems (Studiomonitor) auf der Meterbridge eines Mischpultes oder kurz dahinter notwendig sein: Es kommt wiederum zu den konstruktiven Interferenzerscheinungen, wie sie im vorherigen Punkt beschrieben wurden, allerdings liegen diese jetzt bedingt durch die hier vorliegenden Abstandsverhältnisse zwischen Laut-sprechersystem, Mischpultoberfläche und Abhörposition im tiefmittleren Frequenzbereich.

High EQ

Der High EQ beeinflusst den Pegel bei höheren Frequenzen, wobei im Gegensatz zu den Einstellmöglichkeiten der anderen Frequenzbereiche auch eine Anhebung des Pegels um +1 dB einstellbar ist:

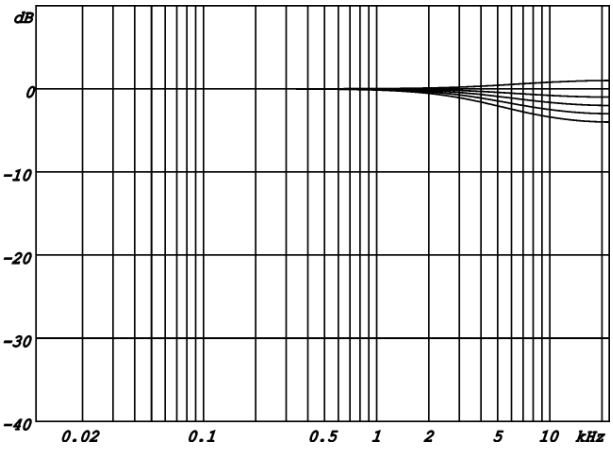


Abb. 5.1/4: Die High EQ – Funktion, durchgeschaltet von 1...-4 dB (Schrittweite 1 dB)

Eine Anhebung des Hochtonpegels wird sich z.B. in Studioumgebungen als vorteilhaft erweisen, bei denen durch eine sehr trockene Akustik eine im Verhältnis zu den übrigen Frequenzbereichen übermäßig starke Absorption der höherfrequenten Schallwellen erfolgt. Somit kommt es hier nicht zum üblichen Interferenzproblem, sondern vielmehr zu einem im Vergleich zu niedrigeren Frequenzen stark abgeschwächten Diffusschallfeldanteil.

5.2 Parametrischer EQ

Allgemeines

Der PRO C 28 verfügt ergänzend zu den im vorigen Kapitel beschriebenen Orts-EQs über 10 vollparametrische Filterbänder, deren Frequenzverlauf sich jeweils zwischen Glocken-, Shelving- und Hoch/Tiefpass-Charakteristik mit einstellbaren Verstärkungen und Güten bzw. Flankensteilheiten umschalten lässt. Des Weiteren kann gewählt werden, ob beide Audiokanäle oder nur einer bearbeitet werden sollen.

Die einzelnen EQ-Bänder sind in 10 aufeinander folgenden Menüpunkten des EQ-Menüs untergebracht, jedes EQ-Band hat also einen eigenen Menüpunkt. Das erste Band befindet sich im Menüpunkt *3 EQ1,* das letzte im Punkt *12 EQ10*. Sämtliche Einstellungen können im Menüpunkt *4 EQ Setup* unter einem vom Anwender zu vergebenden Namen abgespeichert und später jederzeit wieder aufgerufen werden.

Diese EQs können als Ergänzung zu den Orts-EQs eingesetzt werden, um so eine feinfühligere Bearbeitung von Frequenzgangunlinearitäten zu ermöglichen, die durch aufstellungsbedingte Unzulänglichkeiten verursacht worden sind.

Der eigentliche Einsatzbereich ist aber die Kompensation von Unlinearitäten, welche weniger durch die Platzierung des Lautsprechersystems sondern vielmehr durch die Eigenschaften des Abhörraumes selbst verursacht wurden und nicht oder nur unzureichend mit den Orts-EQs ausgeglichen werden können.

In diesem Kapitel werden die weitreichenden Bearbeitungs- und Einstellmöglichkeiten der parametrischen EQs anhand von praktischen Beispielen erläutert bzw. in Diagrammen aufgezeigt.

Zur Entstehung und Auswirkung von raumbedingten Unlinearitäten im Frequenzgang

Wie bereits im vorstehenden Kapitel erklärt, wird das beim Zuhörer ankommende Schallereignis in einer normalen Abhörumgebung nicht nur durch den Direktschall des Lautsprechersystems (der Primärschallquelle) bestimmt, sondern auch durch sämtliche Reflexionen (allgemein: Streuungen) des Direktschalls an den sich im Raum befindlichen Hindernissen, wozu natürlich auch die baulichen Gegebenheiten des Raumes selbst zählen. Ferner wurde gesagt, dass man sämtliche reflektierten Schallwellen als die Auswirkung von Sekundärschallquellen interpretieren kann. Die Gesamtheit aller durch Reflexionen entstandenen Sekundärschallfelder werden als Diffusschallfeld bezeichnet, das sich mit dem Direktschallfeld des Lautsprechersystems überlagert.
Die Überlagerung dieser beiden Schallfelder bestimmt also das vom Zuhörer wahrgenommene Schallereignis.
Bei der Entwicklung eines PRO C 28 Lautsprecherparametersatzes im K + H Akustiklabor wird normalerweise ein linearer Frequenzgang in einer reflexionsarmen Laborumgebung angestrebt, was bedeutet, das hierbei (korrekterweise) nur der Direktschall des Lautsprechersystems berücksichtigt wird.

Da in einer durchschnittlichen Abhörumgebung die Absorptionseigenschaften der verschiedenen Hindernisse unterschiedlich bzw. frequenzabhängig sind, kommt es zu einer ebenfalls frequenzabhängigen Stärke des Diffusschallfeldes sowie des vom Zuhörer wahrgenommenen resultierenden Schallfeldes, was sich letztendlich in einem nichtlinearen Frequenzgang äußert.

Ein Spezialfall der Reflexion von Schallwellen zwischen zwei Begrenzungsflächen hat dabei eine besonders starke Auswirkung auf den Frequenzgang: Gemeint sind die stehenden Wellen, die sich zwischen planparallelen Wänden eines entsprechend angeregten Abhörraumes ausbilden, und zwar bei der Frequenz, deren Wellenlänge doppelt so groß wie der Wandabstand ist. Diese Frequenz wird auch als eine Grundmode des Raumes bezeichnet. In einem normalen Abhörraum existieren aufgrund der i.d.R. sechs Begrenzungsflächen drei Grundmoden, die je nach Grundriss und Höhe des Raumes mehr oder weniger über den unteren Frequenzbereich verteilt sind. Weitere Raummoden folgen bei den ganzzahligen Vielfachen dieser drei Frequenzen. Im resultierenden Frequenzgang sind die Moden durch starke Anhebungen zu erkennen, besonders im Bereich der Grundmoden.

Durch den Einsatz eines parametrischen EQs (PEQ) werden nun einzelne Frequenzbereiche des vom Lautsprechersystem abgestrahlten Direktschalls in der Art angehoben oder abgesenkt, so dass sich beim Zuhörer ein Frequenzgang ergibt, der weniger starke Unlinearitäten aufweist. In der Regel ist jedoch von einer 100%igen Kompensation abzuraten, da dadurch das Verhältnis von Diffus- zu Direktschall zu stark verschoben wird.

Beschreibung des parametrischen EQs

Im Folgenden werden die verschiedenen Einstellmöglichkeiten und Betriebsarten der 10 Bänder des vollparametrischen EQs detailliert beschrieben und anhand von Frequenzgängen veranschaulicht. Alle 10 Bänder besitzen dieselben Eigenschaften und Einstellmöglichkeiten des Menüpunktes *3 EQ1 ... 12 EQ10.*

Channel:

Mit dieser Funktion wird der Kanal ausgewählt, in dem die Bearbeitungen des jeweiligen EQ-Bandes wirksam werden: Zur Auswahl stehen L, R, L+R.

Type:

Hier wird die Grundbetriebsart des jeweiligen EQ-Bandes festgelegt.
Folgende Optionen sind möglich:

- High-Shelving mit 12 dB/Oct. Flanken steilheit
- High-Shelving mit 6 dB/Oct. Flankensteilheit
- Low-Shelving mit 12 dB/Oct. Flankensteilheit
- Low-Shelving mit 6 dB/Oct. Flankensteilheit
- Peak (Glockencharakteristik)
- Hochpass mit 12 dB/Oct. Flankensteilheit
- Hochpass mit 6 dB/Oct. Flankensteilheit
- Tiefpass mit 12 dB/Oct. Flankensteilheit
- Tiefpass mit 6 dB/Oct. Flankensteilheit

Die folgenden Abbildungen zeigen Beispiele für High- und Low - Shelvingfilter sowie Hoch- und Tiefpassfilter mit verschiedenen Flankensteilheiten und den -3 dB Grenzfrequenzen 100 Hz bzw. 1 kHz:

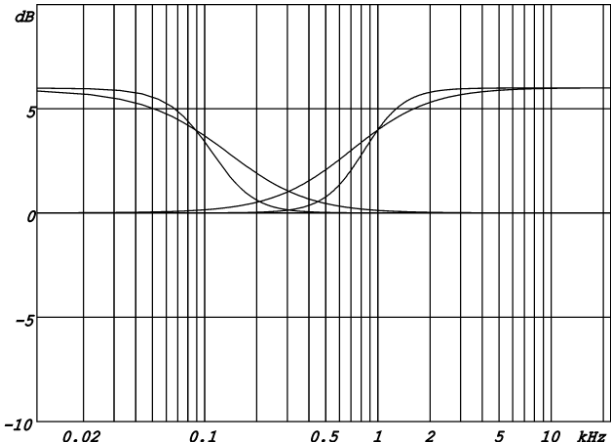


Abb. 5.2/1: Low- und High-Shelvingfilter, Flankensteilheit: 6 u. 12 dB/Oct., Gain = +6 dB, Güte = 0.7

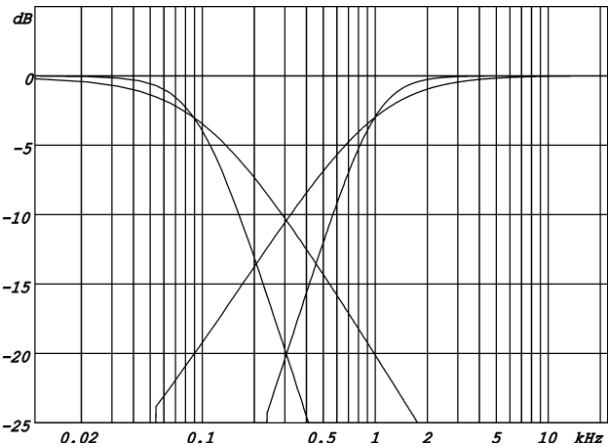


Abb. 5.2/2: Hoch- und Tiefpässe, Flankensteilheit: 6 u. 12 dB/Oct., Gain = 0 dB, Butterworth-Char.

Güte (Einstellbereich 0...6355):

Hier kann die Güte des Filterbandes eingestellt werden. In der Abbildung ist beispielhaft ein Peak-EQ mit einer Mittenfrequenz von 1 kHz und einer Verstärkung von +10 dB mit verschiedenen Einstellungen für die Güte gezeigt:

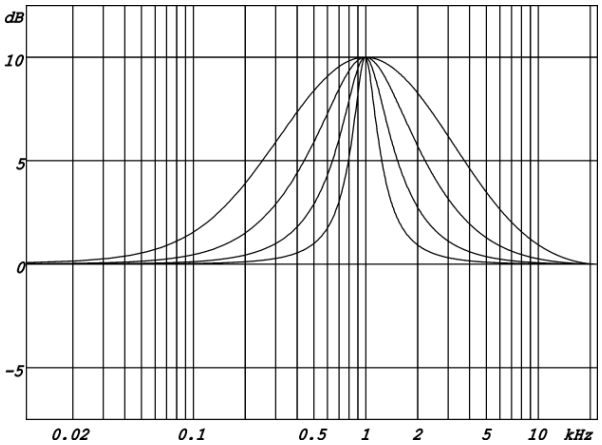


Abb. 5.2/3: PEQ-Filter (Glocke); Güte = 0.5, 1, 2, 4; Gain = +10 dB; Mittenfrequenz = 1 kHz

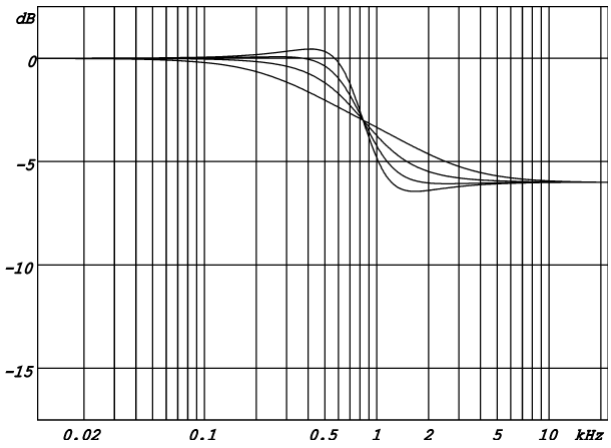


Abb. 5.2/4: High-Shelvingfilter; Güte = 0.4, 0.6, 0.8, 1.0; Gain = -6 dB; Trennfrequenz = 1 kHz

Frequenz (Einstellbereich 10...20000 Hz):

Hier wird im Falle der Betriebsart Peak die Mittenfrequenz, im Falle der Shelvingfilter bzw. Hoch- und Tiefpässe die 3dB-Grenzfrequenz eingestellt. Die Abbildung zeigt beispielhaft Hochpässe mit verschiedenen Grenzfrequenzen:

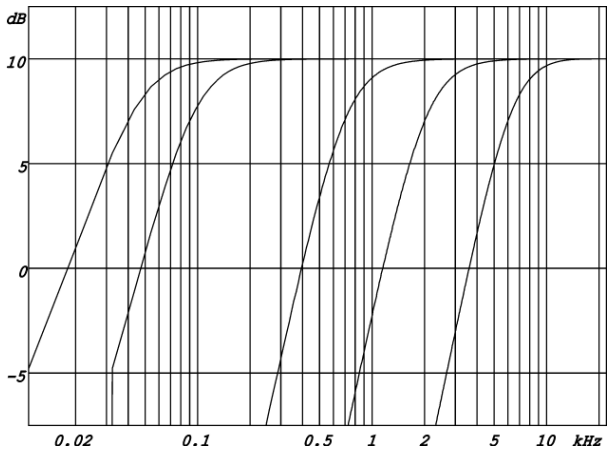


Abb. 5.2/5: Hochpässe mit den Trennfrequenzen 50Hz, 100Hz, 700Hz, 2kHz, 6kHz; Flankensteilheit 12 dB/Oct; Gain = +10 dB; Butterworth-Charakteristik

Gain (Einstellbereich -99...+12 dB):

Diese Einstellung beeinflusst die Verstärkung des Filterbandes. Die Abbildungen zeigen beispielhaft verschiedene Gain-Einstellungen bei einem Peak-EQ und einem Shelvingfilter:

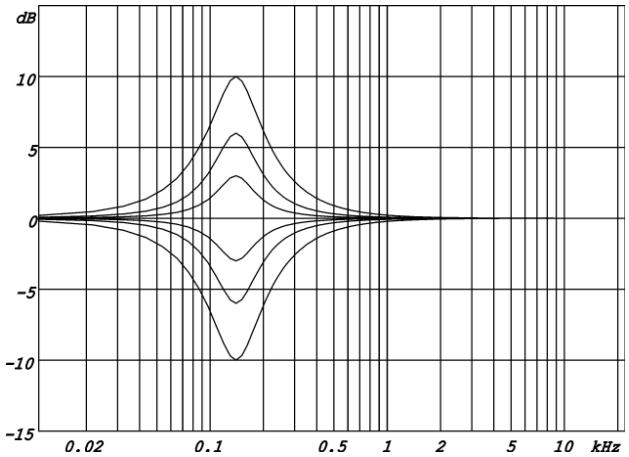


Abb. 5.2/6: PEQ-Filter (Glocke); Gain: -10, -6, -3, 0, +3, +6, +10 dB; Mittenfrequenz = 150 Hz; Güte = 2

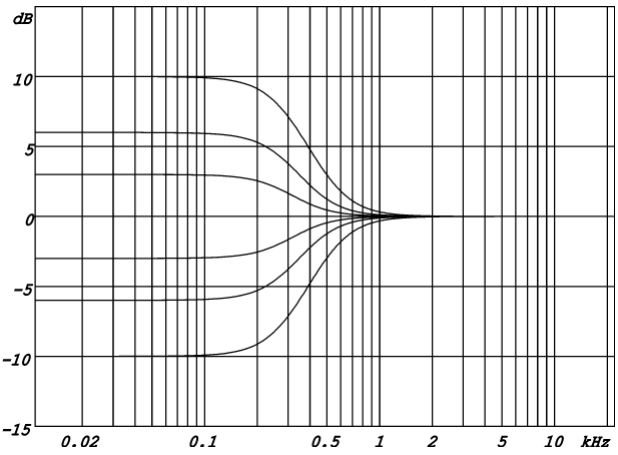


Abb. 5.2/7: Low-Shelvingfilter; Gain: -10, -6, -3, 0, +3, +6, +10 dB; Trennfrequenz = 300 Hz, Güte = 0.7

Hinweise zur Durchführung

Die erforderlichen Einstellungen des parametrischen EQs sollten mit Hilfe einer zu Beginn durchgeführten Messung ermittelt werden. Diese Messung sollte nicht nur an der Hörerposition, sondern auch an möglichst vielen weiteren Stellen (ca. 10-15) der Abhörumgebung durchgeführt werden. Die Mittelung über alle Messungen wird schließlich zu der Entscheidung herangezogen, in welchen Frequenzbereichen ein Eingriff erfolgen soll. Anschließend wird das Ergebnis durch eine Vielzahl von Einzelmessungen an verschiedenen Hörpositionen überprüft und verifiziert.

Die Messung von verschiedenen Raumpunkten ist deshalb notwendig, weil sich eine in einem bestimmten Punkt des Raumes als positiv erwiesene Einstellung in einem anderen Raumpunkt als extreme Verschlechterung erweisen kann.

Die sorgfältige Messung des Abhörraumes ist somit die Vorraussetzung für einen erfolgreichen Einsatz der hier beschriebenen PEQ-Funktion.

Aus diesem Grunde ist von einer rein gehörmäßigen Einstellung der einzelnen Filterbänder entschieden abzuraten!! Außerdem sollte sich die Einflussnahme auf den tieffrequenten Bereich beschränken.

6.1 Grundsätzliches zur Parametrierung

Der Lautsprecherparametersatz beinhaltet sämtliche Einstellungen des PRO C 28, um den gewünschten Frequenz- und Phasengang des Gesamtsystems sowie sämtliche Schutzfunktionen für selbiges sicherzustellen.

Mit „Gesamtsystem“ ist in diesem Zusammenhang das anzusteuernde Lautsprechersystem (PA-Lautsprecher oder Studiomonitor), die zum Einsatz kommenden Endverstärker sowie der PRO C 28 selbst gemeint.
Aus diesem Grunde verlangt jede Kombination von Lautsprechersystem und Endverstärker nach einem speziell hierfür ermittelten Lautsprecherparametersatz.

Der PRO C 28 - Lautsprecherparametersatz berücksichtigt weitaus mehr Faktoren als dies bei herkömmlichen Digitalcontrollern der Fall ist, deren Einstellungen sich in der Regel auf die Wahl der Trennfrequenzen und Verstärkungen der einzelnen Wege, einer Entzerrung zur Linearisierung des Frequenzganges sowie die Einstellungen der Limiter beschränkt.

Im Gegensatz hierzu erfolgt im PRO C 28 eine komplexe Entzerrung der einzelnen Lautsprecherwege, das heißt, dass sich die Entzerrung nicht nur wie üblich auf den Betragsfrequenzgang (kurz: Frequenzgang, Amplitudengang) des Gesamtsystems, sondern auch auf seinen Phasengang bezieht.

Die sich hierdurch ergebende große Ansammlung der im Lautsprecherparametersatz enthaltenen Einstellungen wird in drei Gruppen eingeteilt, die jeweils eine Baugruppe des PRO C 28 beeinflussen (unter Bezugnahme auf den Signalflussplan in Kap. 1.3 sowie auf Kap. 1.6):

1. Filterkoeffizienten der FIR - Bandpässe
2. Limiter - Parameter
3. Output - Scalingfaktoren

Eine ausführliche Beschreibung der im Lautsprecherparametersatz enthaltenen Information ist dem Kapitel 1.6 zu entnehmen.

Die Einstellungen innerhalb eines Lautsprecherparametersatzes können vom Anwender nicht beeinflusst werden, da eine Änderung (wenn sie möglich wäre) in jedem Fall eine Verschlechterung des resultierenden Übertragungsverhaltens des Systems nach sich ziehen würde.

Demgegenüber ist es jedoch möglich Parametersätze aufzurufen, die ein anderes Übertragungsverhalten innerhalb eines bestimmten Gesamtsystems bewirken.

Dieser Wechsel zwischen verschiedenen Parametersätzen ist auch bei laufendem Programm möglich!

Falls ein Lautsprecherparametersatz benötigt wird, der sich nicht im Speicher des PRO C 28 befindet, zum Beispiel für den Betrieb mit einem neuen Lautsprechersystem, kann dieser auf einfache Art und Weise in den PRO C 28 geladen werden, was im folgenden Kapitel 6.2 erläutert wird.

Im Kapitel 6.3 wird schematisch beschrieben, wie die Erstellung eines Lautsprecherparametersatzes im Entwicklungslabor abläuft.

Schließlich beschreibt 6.4 die Vorgehensweise bei der Erstellung von kundenspezifischen Parametersätzen wie zum Beispiel eine komplexe Entzerrung des Abhörraumes.

6.2 Laden von neuen Parametersätzen

Der PRO C 28 wird ab Werk mit einer Vielzahl von Parametersätzen für unterschiedlichste Kombinationen von K+H PA-Lautsprechern (Topteile und Subwoofer) bzw. für den Betrieb mit analogen K+H Studiomonitoren geliefert.
Diese Parametersätze beinhalten, jeweils in Form einer Datei, sämtliche für das entsprechende Lautsprechersystem relevanten Einstellungen und sind im Flashrom des PRO C 28 gespeichert.
Es kann eine große Anzahl verschiedener Lautsprecherparametersätze, die von der Auflösung und somit der jeweiligen Dateigröße der einzelnen Lautsprecherparametersätze abhängig ist, gespeichert werden. Diese können dann im Menüpunkt *Speaker Select* im Main-Menü auf einfache Weise aufgerufen werden (siehe Kap. 3.2).

Für den Fall, dass ein neuer Lautsprecherparametersatz benötigt wird, z.B. für den Betrieb mit einem neu erschienenen K + H PA-Lautsprecher oder Studiomonitor, kann eine aktualisierte Lautsprecherparametersatz-Bibliothek von KLEIN + HUMMEL per e-Mail angefordert werden.

Eine Lautsprecherparametersatz-Bibliothek kann nur als Ganzes in den PRO C 28 geladen werden, wobei dann sämtliche bestehenden Parametersätze des PRO C 28 überschrieben werden.

Das Laden der neuen Lautsprecherparametersatz-Bibliothek in den PRO C 28 geschieht über die eingebaute RS-232 Schnittstelle und erfordert einen DOS-PC.

Hierzu wird wie folgt verfahren:

Vor der Durchführung der einzelnen Schritte sollte sichergestellt werden, dass die angeschlossenen Leistungsverstärker ausgeschaltet sind!

- Die serielle Schnittstelle (RS-232) des PCs mittels eines Schnittstellenkabels (siehe Kap. 4.2) mit dem Schnittstellenanschluss (D-Sub 25-polig) des PRO C 28 verbinden
- Den PRO C 28 mit dem Netzschalter einschalten und kontrollieren, dass im Menüpunkt *2 Midi Settings* des *System* Menüs unter *„Baudrate“* die Option *„RS232“* aktiviert ist (Bedienung s. Kap. 3).
- Anschließend werden sämtliche von K + H per Diskette oder e-Mail gelieferten Dateien in ein Verzeichnis auf die Festplatte des PCs kopiert und der PC im DOS-Modus gestartet.
- Nach dem Wechsel in dieses Verzeichnis wird durch Eingabe der Befehlszeile „**TXMATRX“** der Transfervorgang eingeleitet
- Der Datentransfer wird durch das Aufleuchten der roten „*Midi*“-LED auf der Frontplatte des PRO C 28 signalisiert
- Abwarten, bis auf dem Display der Menüpunkt „*Input Gain / Balance*“ erscheint: Die Übertragung ist abgeschlossen
- Den Pro C 28 aus- und wieder einschalten, beim Starten die Meldung „*Wrong Filter Setup*“ mit Enter bestätigen
- Den PRO C 28 vom PC trennen und die angeschlossenen Endverstärker wieder einschalten

Die neuen Parametersätze können nun wie gewohnt aufgerufen und im Controller-Setup abgespeichert werden (siehe Kap. 3.2).

6.3 Erstellen von Parametersätzen

Im Folgenden wird schrittweise der Ablauf der PRO C 28 - Lautsprecherparametersatzerstellung erläutert. Auf diese Weise wurden auch die bei Auslieferung im PRO C 28 gespeicherten Parametersätze für K+H Lautsprecher ermittelt. Die Ermittlung bzw. Berechnung der Parametersatz-Datei übernimmt eine spezielle Filterberechnungssoftware, welche sämtliche hierzu notwendigen Messungen und Eingaben verwaltet.

Zu den Definitionen wichtiger Begriffe wie zum Beispiel „Lautsprechersystem", „Zielfunktion", usw. wird auf Kap. 1.9 verwiesen.

Es wird hier beispielhaft von der Erstellung eines Lautsprecherparametersatzes für ein 3- Wegesystem ausgegangen, bei der Erstellung von Parametersätzen für 4- oder 2-Wegesysteme wird analog vorgegangen.

6.3.1 Akustische Messung der Lautsprecherkomponenten:

Zunächst werden die einzelnen Komponenten des Lautsprechersystems unter reflexionsarmen Bedingungen akustisch gemessen. Die Position von Mikrofon und Lautsprecherbox darf dabei nicht verändert werden, da sonst der zeitliche und phasenmäßige Bezug der Lautsprecherchassis zueinander verloren geht. Als Ergebnis erhält man die komplexen Übertragungsfunktionen des Hoch - Mittel - und Tieftonlautsprechersystems, deren Beträge üblicherweise als die Frequenzgänge dieser Komponenten bezeichnet werden. Die Phase der komplexen Übertragungsfunktion gibt den akustischen Phasengang der Lautsprecherkomponente wieder.

Da der zu erstellende Lautsprecherparametersatz auch die elektrischen Eigenschaften der später zum Einsatz kommenden Endverstärker berücksichtigt, müssen die Messungen der Lautsprecherkomponenten an diesen Endverstärkern durchgeführt werden. Somit stellen die drei gemessenen Übertragungsfunktionen das Produkt aus der akustischen Übertragungsfunktion der Lautsprecherkomponenten und der elektrischen Übertragungsfunktion der Endverstärker dar.

Zur späteren Weiterverarbeitung werden diese komplexen Übertragungsfunktionen in drei verschiedenen Dateien abgespeichert:

⇒ HIGH.SPK, MID.SPK, LOW.SPK

6.3.2 Aufstellen der Zielfunktion:

Als Nächstes wird die Zielfunktion für den gewünschten Verlauf des Betrages der akustischen Übertragungsfunktion des Gesamtsystems aufgestellt. Mit anderen Worten: Der Soll-Verlauf des resultierenden Frequenzgangs des Gesamtsystems wird festgelegt. Eine solche Zielfunktion kann z.B. einen linearen Verlauf haben und somit im einfachsten Fall durch ihre obere und untere Grenzfrequenz sowie dem dortigen Verlauf vollständig definiert sein. Alternativ hierzu kann die Zielfunktion aber auch eine Kompensation für einen bestimmten Abhörraum enthalten.

Aufgrund der gemachten Angaben bzw. berücksichtigten Einstellungen wird nun der Verlauf der Zielfunktion in ein Diagramm eingetragen (erfolgt automatisch) und wie die Messungen der drei Übertragungsfunktionen aus Punkt 1 abgespeichert:

⇒ XT.SPK

6.3.3 Aufstellen der Zielbandpässe:

In diesem Schritt werden die Zielbandpässe erstellt, um jeder Lautsprecherkomponente ihren zu übertragenden Frequenzbereich zuzuweisen. Außerdem werden die Flankensteilheiten und -verläufe an den Übergangsbereichen (Trennfrequenzen) der Zielbandpässe festgelegt. Es handelt sich also stets um Bandpässe mit einem linearen Durchlassbereich und einer bestimmten Flankensteilheit, die zum Beispiel unendlich steil vorgegeben werden kann und die dann in der Praxis bis zu 96dB/Oct beträgt.

Ähnlich wie bei der Zielfunktion werden die sich aus den aufgestellten Daten ergebenden Verläufe der einzelnen Bandpässe in ein Diagramm eingetragen und abgespeichert:

⇒ XB.SPK

6.3.4 Angaben für Peak - und Thermolimiter sowie für Output Scaling

Als nächstes müssen verschiedene Angaben gemacht werden, aus denen später die Parameter der Peak- und Thermolimiter sowie das Output Scaling berechnet werden. Hierfür sind Daten der einzusetzenden Leistungsverstärker mit Dauerleistung, Peakleistung und Overshoot-Zeitkonstante, Angaben zur Peak- und Thermomaximal-belastbarkeit der Lautsprecherkomponenten sowie den zugehörigen Zeitkonstanten und schließlich der eingestellte maximale analoge Pegel der Ausgangsstufen des PRO C 28 (siehe Kap. 2). Sämtliche Angaben werden später mit in die Berechnung des Lautsprecherparametersatzes einfließen. (nähere Ausführungen zu den Limiterparametern ist in Kap. 1.7 zu finden)

6.3.5 Berechnung der Lautsprecherparametersatz - Datei

In diesem Punkt erfolgt nun die eigentliche Berechnung des Lautsprecherparametersatzes unter Berücksichtigung der in den Schritten 1 bis 4 gemachten Angaben und Messungen. Zur Erzeugung der Lautsprecherparametersatz - Datei müssen dem Rechenalgorithmus nun sämtliche Einstellungen und Messungen der vorangegangenen Schritte zugänglich gemacht werden:

- Dateien HIGH.SPK, MID.SPK, LOW.SPK aus Schritt 1
- Datei XT.SPK aus Schritt 2
- Datei XB.SPK aus Schritt 3
- Die Limiter - Einstellungen von Punkt 4 werden automatisch übernommen

Des Weiteren müssen noch der gewünschter Verlauf der Phase der Übertragungsfunktion des Gesamtsystems angegeben werden. Hierfür gibt es vier Optionen: linearphasig, minimalphasig, eine Kombination aus beiden und ein beliebiger Verlauf.

Aus diesen Daten wird nun die Lautsprecherparametersatz-Datei erstellt, die folgende „Informationen“ für die entsprechenden Baugruppen des PRO C 28 enthält (unter Bezugnahme auf den Signalflussplan in Kap. 1.3):

1. Filterkoeffizienten für die digitalen FIR - Filter
2. Parameter der digitalen Peak und Thermolimiter
3. Outputscalingparameter

Abspeicherung der Lautsprecherparametersatz - Datei:
⇒ <Dateiname>.BLK

Die auf diese Weise entstandene Lautsprecherparametersatz-Datei kann nun (zusammen mit weiteren Parametersatz-Dateien) im Rahmen einer neuen Parametersatz-Bibliothek in den PRO C 28 geladen werden (siehe vorhergehendes Kap. 6.2).
Zur Einbindung der Lautsprecherparametersatz-Datei in eine Bibliothek bzw. zur Erstellung einer Bibliothek aus mehreren neuen Lautsprecherparametersatz-Dateien werden diese mit einer speziellen Software in der Art bearbeitet, dass sie später nach dem Transfer in den PRO C 28 an der jeweils gewünschten Stelle im Menüpunkt *8 Speaker Select* des Main-Menüs stehen.
Die Anordnung der einzelnen Lautsprecherparametersätze erfolgt dann innerhalb einer Matrix, deren Zeile unter *„Top“* aktiviert wird, während die Spalte unter *„Subwoofer“* ausgewählt werden kann. Ein Lautsprecherparametersatz ist somit innerhalb einer Bibliothek stets mit einer bestimmten Wahl von Zeile und Spalte eindeutig verknüpft.

Durch eine abschließende akustische Messung des Gesamtsystems wird überprüft, ob die Sollvorgaben erreicht werden.

6.4 Raumspezifische Lautsprecherparametersätze

Die von KLEIN + HUMMEL ab Werk gelieferten Lautsprecherparametersätze, die in jedem Controller standardmäßig vorhanden sind und über den Menüpunkt *8 Speaker Select* aufrufbar sind, wurden im KLEIN + HUMMEL Akustiklabor speziell für das entsprechende Lautsprechersystem erstellt.
Diese Parametersätze wurden für ein frequenzlineares und - je nach Lautsprecherparametersatz - auch für ein phasenlineares Verhalten des Gesamtsystems unter reflexionsarmen Bedingungen ermittelt.

Um bei einem Betrieb in einer normalen Abhörumgebung raum- und aufstellungsbedingte Frequenzgangsunlinearitäten auszugleichen, stehen 3 unterschiedliche Anpassungsmöglichkeiten zur Verfügung:

- die komfortable, in Kap. 5.1 beschriebene Orts-EQ-Funktion
- den vollparametrischen 10-Band EQ (Kap. 5.2) sowie
- die Kompensation über individuell erzeugte raumspezifische Lautsprecherparametersätze, die in diesem Kapitel beschrieben wird.

Die EQs der ersten beiden Unterpunkte sind in digitaler IIR-Filtertechnologie realisiert und verfügen über einen Phasengang wie ein entsprechendes in analoger Technik aufgebautes Filter.
Ihre Benutzung prägt dem resultierenden Phasengang des Gesamtsystems entsprechende Phasenunlinearitäten auf, genauso wie bei jedem analogen EQ neben der (gewollten) Unlinearitäten im Frequenzgang auch (i.d.R. ungewollte) Unlinearitäten im Phasengang auftreten. Diese ungewollte Beeinflussung des Phasenganges ist um so stärker, je stärker der gewünschte Eingriff im Frequenzgang und je höher die Güte des Filters ist.
Gerade beim Betrieb des PRO C 28 mit einem linearphasigen Werks-Lautsprecherparametersatz, z.B. in Verbindung mit einem K + H Studiomonitor, würde bei Benutzen der EQs die Linearität des Phasengangs beeinträchtigt werden, so wie dies bei jedem anderen anlog entzerrten System der Fall ist.
Aus diesem Grunde besteht beim PRO C 28 die Möglichkeit der Anpassung des Gesamtsystems auf den Abhörraum in Bezug auf den Frequenzgang **und** Phasengang.
Hierzu ist die Erstellung eines individuellen, sog. raumspezifischen Lautsprecherparametersatzes notwendig.
Dieses Vorhaben erfordert die Messung des im Abhörraum installierten Lautsprechersystems mit einem speziellen Meßsystem, welches in der Lage ist, die für diesen neuen Lautsprecherparametersatz benötigten Filterkoeffizienten gemäß der im vorhergehenden Kapitel 5.3 beschriebenen Vorgehensweise zu berechnen. Darüber hinaus kann auch jede andere aus geschmacklichen Gründen gewollte Frequenzgangsbeeinflussung mit in diesen Lautsprecherparametersatz aufgenommen werden.

Der so geschaffene Lautsprecherparametersatz wird dann via RS-232 in den PRO C 28 geladen (siehe 6.2), worauf dieser dann für das angeschlossene Lautsprechersystem an dem jeweiligen Aufstellungsort in dem entsprechenden Abhörraum exakt eingestellt ist (siehe auch Kap. 1.6).

Diese Erstellung des raumspezifischen Lautsprecherparametersatzes wird von KLEIN + HUMMEL bzw. von Subunternehmen als kostenpflichtige Dienstleistung angeboten.

7 Anhang

Einstellungen ProC 28 als PA-Digitalcontroller

Datum		
Name		
Anwendung		
ProC28	S/N	
	Eprom	
angeschlossene Lautsprecher		
Typ		
Subwoofer		
Endstufe		
System Menu		
Brightness	LEDs	
	Display	
MiDI Settings	Channel	
	Out	Only Through Loop
		☐ ☐ ☐
	Baudrate	RS-232 MIDI
		☐ ☐
	ParaChg	On Off
		☐ ☐
	TX-Channel	
Security Level		
IR Control	On	☐
	Off	☐

(Fortsetzung)

Main Menü

Load Setup	Nummer	0	1	2	3	4	5
	Bezeichnung						
Input Gain							
Balance	L=R=0	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	L-						
	R-						
Gain Offset	Analog						
	Digital						
Mute	Off	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	On / Attenuation	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Input Select	Analog	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	Digital	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	Dig.Insert	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Digital Output	On	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	Off	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Input Routing	Normal	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	Reverse	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	Mono	☐	☐	☐	☐	☐	☐
Filtersatz	Top						
	Subwoofer						
Master Delay							
Delay Offset	L:						
	R:						

Channels		Sub	Low	Mid	High	Sub	Low	Mid	High	Sub	Low	Mid	High	Sub	Low	Mid	High	Sub	Low	Mid	High	Sub	Low	Mid	High
	Mute	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	Gain L																								
	Gain R																								
	P.Inv L	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	P.Inv R	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐
	Delay L																								
	Delay R																								

Delay Link		LMH	MH	Off		LMH	MH	Off		LMH	MH	Off		LMH	MH	Off		LMH	MH	Off		LMH	MH	Off	
		☐	☐	☐		☐	☐	☐		☐	☐	☐		☐	☐	☐		☐	☐	☐		☐	☐	☐	
Limiter Release																									

EQ Menü

EQ Set	LowCut	L-Cut	Bass	Mid	Hi	L-Cut	Bass	Mid	Hi	L-Cut	Bass	Mid	Hi	L-Cut	Bass	Mid	Hi	L-Cut	Bass	Mid	Hi	L-Cut	Bass	Mid	Hi
EQ	Gain																								
	EQ on	☐				☐				☐				☐				☐				☐			

EQ 1		Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB
	L																								
	R																								
EQ 2		Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB
	L																								
	R																								
EQ 3		Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB
	L																								
	R																								
EQ 4		Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB
	L																								
	R																								
EQ 5		Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB
	L																								
	R																								
EQ 6		Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB
	L																								
	R																								
EQ 7		Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB
	L																								
	R																								
EQ 8		Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB
	L																								
	R																								
EQ 9		Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB
	L																								
	R																								
EQ 10		Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB	Type	Q	Hz	dB
	L																								
	R																								

Load EQ Setup	Nummer						
	Bezeichnung						

Einstellungen ProC 28 als Studio-Digitalcontroller

Datum					
Name					
Raum					
ProC28 S/N					
angeschlossene Lautsprecher					
Typ					
S/N	Front L	Front C	Front R	Rear L	Rear R
Subwoofer					
LFE					

Main Menü					
Load Setup	0	1	2	3	
Input Gain					
Balance	L=R=0	L-	R-		
Gain Offset	Analog	Digital			
Mute	On	Off	Attenuation		
Input Select	Analog	Digital	Dig.Insert		
Digital Output	On	Off			
Input Routing	Normal	Reverse	Mono		
Filtersatz	Top	Subwoofer			
Master Delay					
Delay Offset	L:	R:			
	Sub	Low	Mid	Hi	
Mute					
Gain L					
Gain R					
P.Inv L					
P.Inv R					
Delay L					
Delay R					
Delay Link	Low+Mid+HI	Mid+HI	Off		
Limiter Release					

EQ Menü					
EQ Set	LowCut	Bass	Mid	Hi	
EQ	Gain	EQ on	EQ off		
EQ 1	Type	Q	Hz	dB	
L=R					
EQ 2	Type	Q	Hz	dB	
L=R					
EQ 3	Type	Q	Hz	dB	
L=R					
EQ 4	Type	Q	Hz	dB	
L=R					
EQ 5	Type	Q	Hz	dB	
L=R					
EQ 6	Type	Q	Hz	dB	
L=R					
EQ 7	Type	Q	Hz	dB	
L=R					
EQ 8	Type	Q	Hz	dB	
L=R					
EQ 9	Type	Q	Hz	dB	
L=R					
EQ 10	Type	Q	Hz	dB	
L=R					
Load EQ Setup	0	1	2	3	

8 Sicherheitshinweise

Das Gerät wurde von KLEIN+HUMMEL gemäß IEC 92 (sec) 39 gebaut und hat unser Werk in sicherheitstechnisch einwandfreiem Zustand verlassen. Um diesen Zustand zu erhalten und einen gefahrlosen Betrieb sicherzustellen, muß der Anwender die Hinweise und Warnvermerke beachten, die in der Bedienungsanleitung enthalten sind. Das Gerät entspricht der Schutzklasse I (schutzgeerdet). Die Sicherheit, Zuverlässigkeit und Leistung des Gerätes wird von KLEIN+HUMMEL nur dann gewährleistet, wenn:

- Montage, Erweiterung, Neuinstallation, Änderungen oder Reparaturen von KLEIN+HUMMEL oder dazu ermächtigten Personen ausgeführt werden.
- die elektrische Installation des betreffenden Raumes den Anforderungen von IEC (ANSI)-Festlegungen entspricht.
- das Gerät in Übereinstimmung mit der Gebrauchsanweisung verwendet wird.

Warnung!

- Wenn Abdeckungen geöffnet oder Gehäuseteile entfernt werden, außer wenn dies von Hand möglich ist, können Teile freigelegt werden, die Spannung führen.
- Wenn ein Öffnen des Gerätes erforderlich ist, muss das Gerät von allen Spannungsquellen getrennt sein. Berücksichtigen Sie dies vor dem Abgleich, vor einer Wartung, vor einer Instandsetzung und vor einem Austausch von Teilen.
- Ein Abgleich, eine Wartung oder eine Reparatur am geöffneten Gerät unter Spannung darf nur durch eine vom Hersteller autorisierte Fachkraft (nach VBG 4) geschehen, die mit den verbundenen Gefahren vertraut ist.
- Lautsprecherausgänge, die mit dem IEC 417/5036-Zeichen (Bild 7/1, s. rechts) versehen sind, können berührungsgefährliche Spannungen führen. Deshalb vor dem Einschalten des Gerätes Verbindungen mit dem vom Hersteller empfohlenen Anschlusskabel zum Lautsprecher herstellen.
- Alle Stecker an Verbindungskabeln müssen mit dem Gehäuse verschraubt oder verriegelt sein, sofern möglich.
- Es dürfen nur Sicherungen vom angegebenen Typ und der angegebenen Nennstromstärke als Ersatz verwendet werden.
- Eine Verwendung von geflickten Sicherungen oder Kurzschließen des Halters ist unzulässig.
- Niemals die Schutzleiterverbindung unterbrechen.
- Oberflächen, die mit dem „HOT"-Zeichen (Bild 7/2, s. rechts) versehen sind, Rückwände oder Abdeckungen mit Kühlschlitzen, Kühlkörper und deren Abdeckungen, sowie Röhren und deren Abdeckungen können im Betrieb erhöhte Temperaturen annehmen und sollten deshalb nicht berührt werden.
- Hohe Lautstärkepegel können dauernde Gehörschäden verursachen. Vermeiden Sie deshalb die direkte Nähe von Lautsprechern, die mit hohen Pegeln betrieben werden. Verwenden Sie einen Gehörschutz bei dauernder Einwirkung hoher Pegel.

Bild 7/1

Bild 7/2

Netzanschluß:

- Das Gerät ist für Dauerbetrieb ausgelegt.
- Die eingestellte Betriebsspannung muß mit der örtlichen Netzspannung übereinstimmen.
- Achtung: Der Netzschalter des Gerätes muß in 0 - Position stehen, wenn das Netzkabel angeschlossen wird.
- Der Anschluß an das Stromnetz erfolgt mit dem mitgelieferten Netzteil oder Netzkabel.
  Netzteil: Eine beschädigte Anschlußleitung darf nicht repariert werden.
- Vermeiden Sie einen Anschluß an das Stromnetz in Mehrfachsteckdosen zusammen mit anderen Stromverbrauchern.
- Die Steckdose für die Stromversorgung muß nahe am Gerät angebracht und leicht zugänglich sein.

Aufstellungsort:

- Das Gerät sollte nur auf einer sauberen, waagerechten Arbeitsfläche stehen.
- Das Gerät darf während des Betriebes keinen Erschütterungen ausgesetzt sein.
- Feuchtigkeit und Staub sind nach Möglichkeit fernzuhalten.
- Das Gerät darf nicht in der Nähe von Wasser, Badewanne, Waschbecken, Küchenspüle, Nassraum, Swimmingpool oder feuchten Räumen betrieben werden. Keine mit Flüssigkeit gefüllten Gegenstände - Vase, Gläser, Flaschen etc. auf das Gerät stellen.
- Sorgen Sie für ausreichende Belüftung der Geräte
- Eventuelle Ventilationsöffnungen dürfen niemals blockiert oder abgedeckt werden. Das Gerät muss mindestens 20 cm von Wänden entfernt aufgestellt werden. Das Gerät darf nur dann in ein Rack eingebaut werden, wenn für ausreichende Ventilation gesorgt ist und die Einbauanweisungen des Herstellers eingehalten werden.
- Vermeiden Sie direkte Sonneneinstrahlung sowie die unmittelbare Nähe von Heizkörpern und Heizstrahlern oder ähnlichen Geräten.
- Wenn das Gerät plötzlich von einem kalten an einen warmen Ort gebracht wird, kann sich im Geräteinnern Kondensfeuchtigkeit bilden. Vor dem Einschalten solange warten, bis das Gerät Raumtemperatur angenommen hat.
- Zubehör: Das Gerät nicht auf einen instabilen Wagen, Ständer, Dreifuß, Untersatz oder Tisch stellen. Wenn das Gerät herunterfällt, kann es Personenschäden verursachen und selbst beschädigt werden. Verwenden Sie das Gerät nur mit einem vom Hersteller empfohlenen oder zusammen mit dem Gerät verkauften Wagen, Rack, Ständer, Dreifuß, Untersatz oder sonstigen Befestigungs- oder Flugmaterial. Bei der Aufstellung des Gerätes müssen die Anweisung des Herstellers befolgt und muss das vom Hersteller empfohlene Aufstellzubehör verwendet werden. Eine Kombination aus Gerät und Gestell muß vorsichtig bewegt werden. Plötzliches Anhalten, übermäßige Kraftanwendung und ungleichmäßige Böden können das Umkippen der Kombination aus Gerät und Gestell bewirken.
- Zusatzvorrichtungen: Verwenden Sie niemals Zusatzvorrichtungen, die nicht vom Hersteller empfohlen wurden, weil dadurch Unfälle verursacht werden können.
- Zum Schutz des Gerätes bei Gewitter oder wenn es längere Zeit nicht beaufsichtigt oder benutzt wird, sollte der Netzstecker gezogen werden. Dies verhindert Schäden am Gerät aufgrund von Blitzschlag und Spannungsstößen im Wechselstromnetz.

9.1 Technische Daten

Anschlüsse

Eingänge analog	Anzahl, Typ		2 x XLR
	Impedanz elektron. symm.		10 kOhm
	Impedanz trafosymmetrisch		10 kOhm
	maximaler Eingangspegel		24 dBu
	Unsymmetriedämpfung		> 80 dB @ 15 kHz
	Übersprechdämpfung		> 80 dB
Ausgänge analog	elektronisch symmetrisch		8 x XLR, 2 x XLR-7
	Ausgangsimpedanz		< 70 Ohm
	Ausgangs-Range-Stufen		16, 12, 6 dBu
Eingänge digital	AES/EBU		XLR
	S/P DIF		BNC
	Impedanz	AES/EBU	110 Ohm (trafosymmetrisch)
		S/P	75 Ohm (unsymmetrisch)
Ausgänge digital (Insert)	AES/EBU		XLR
Fernbedienung, Datenschnittstelle	MIDI, RS232		Sub D 25 PIN
	Baudrate		9600, 31520
	optionale IR-Fernbedienung		IR-Empfänger

Performance

	Klirrfaktor @ 1 kHz, + 6 dBu	0,0004 %
	Ruhegeräuschpegel	- 126 dBFS

Signalbearbeitung

AD-Konvertierung	Auflösung, Prinzip	24 bit stacked AD, Δ/Σ
	Abtastrate	44,1 kHz, 48 kHz
	Pre-Emphasis	50/15 µs
DA-Konvertierung	Auflösung, Prinzip	24 Bit, Δ/Σ
Laufzeitverhalten	Grundlaufzeit	5-7 ms, je nach Weg
	Filterdurchlaufzeit	abhängig vom Filtertyp

Filtersektion und Limiter

Werksseitig eingeladene Filtersätze	Filteralgorithmus	FIR-Filter (finite impulse response)
	maximale Filteranzahl	abhängig von Filterlänge, typ. 50
	Filtertypen	Linear-, gemischt linear-/ mini mal-, minimalphasig
	Anzahl der Wege	1 - 4
	Entzerrungen	individuell nach angeschlossnen Lautsprechern, amplituden- u. phasenlinearisierend
	Flankensteilheiten	beliebig
	Peaklimiter	vorausschauend mit 1,5 ms, Controlled Overshot für maxima-le Impulsleistungsausschöpfung der Endstufen
	RMS-Limiter	Modellierung von Spulen- und Magnettemperatur
Raumspezifische Filtersätze	siehe werksseitige Filtersätze, erfordert individuelle Einmessung durch K+H	
Benutzervariabler Equalizer	Filteralgorithmus	IIR-Filter (infinite impulse

		response)
	Filteranzahl / Kanal	10 vollparametrische Filtertypen, High-/Low-Shelving 6dB/oct, 12dB/oct; Hoch-/Tief-Pass 6dB/oct, 12dB/oct; Peakfilter
Equalizer für Ortsanpassung	Filteralgorithmus	IIR-Filter (infinite impulse response)
	Filteranzahl	4
	Filtertypen	Low-Cut; Low; Mid; High
Delay		
	Master Delay	0 - 999 ms; 0 - 333 m
	Channel Delay	0 - 92 ms
Anzeige		
	Display	2 x 24-Zeichen VFD, blau
	Input Level	2 x 10 LEDs, -30 - +24 dBu
	Limit	2 x 4 LEDs, Sub, Low, Mid, Hi
Bedienelemente		
	Inkrementalgeber	Parametervariation und Enterfunktion
	8 x Tipptaster	Menüauswahl, Parameteranwahl
Stromversorgung		
	Versorgungsspannung	230 V AC (160 V - 250 V)
	Leistungsaufnahme	32 VA
Mechanik		
Abmessungen	Höhe	88 mm (2 HE)
	Breite	483 mm (19")
	Tiefe	257 mm Gehäuse, 310 mm über alles
Gewicht		5,7 kg

9.2 Elektrische Messungen

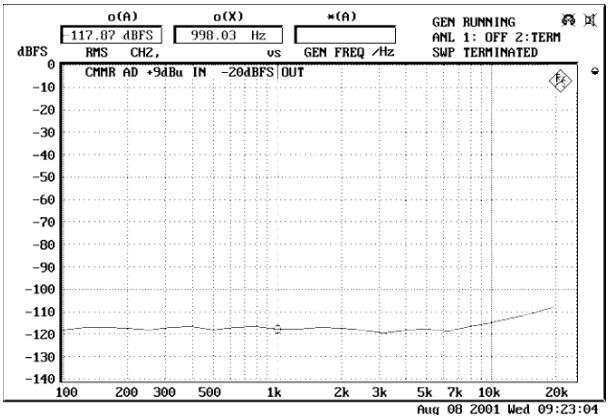

o(A) -117.87 dBFS
o(X) 998.03 Hz
*(A)
GEN RUNNING
ANL 1: OFF 2:TERM
SWP TERMINATED
dBFS
RMS CH2, vs GEN FREQ /Hz
CMRR AD +9dBu IN -20dBFS OUT
0 -10 -20 -30 -40 -50 -60 -70 -80 -90 -100 -110 -120 -130 -140
100 200 300 500 1k 2k 3k 5k 7k 10k 20k
Aug 08 2001 Wed 09:23:04

Abb. 8.2/1: Gleichtaktunterdrückung der analogen Eingänge über der Frequenz

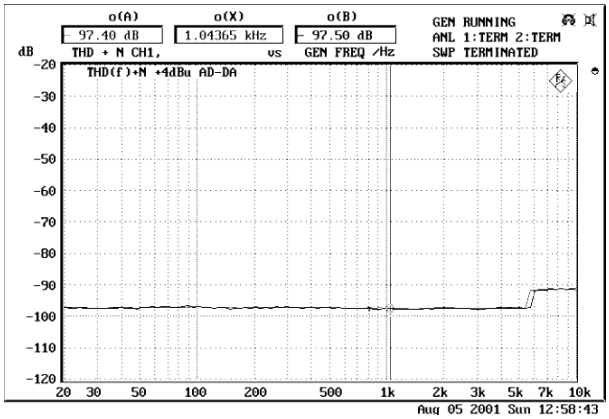

o(A) -97.40 dB
o(X) 1.04365 kHz
o(B) -97.50 dB
GEN RUNNING
ANL 1:TERM 2:TERM
SWP TERMINATED
dB
THD + N CH1, vs GEN FREQ /Hz
THD(f)+N +4dBu AD-DA
-20 -30 -40 -50 -60 -70 -80 -90 -100 -110 -120
20 30 50 100 200 500 1k 2k 3k 5k 7k 10k
Aug 05 2001 Sun 12:58:43

Abb. 8.2/2: Klirrfaktor THD+N über der Frequenz Messung: analog in > High Out , Vin = +4 dBu

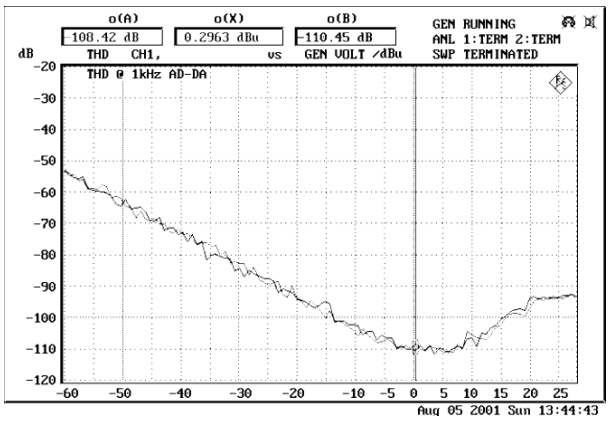


Abb. 8.2/3: Klirrfaktor THD über dem Eingangspegel, Messung: Analog In > High Out, fmess = 1 khz

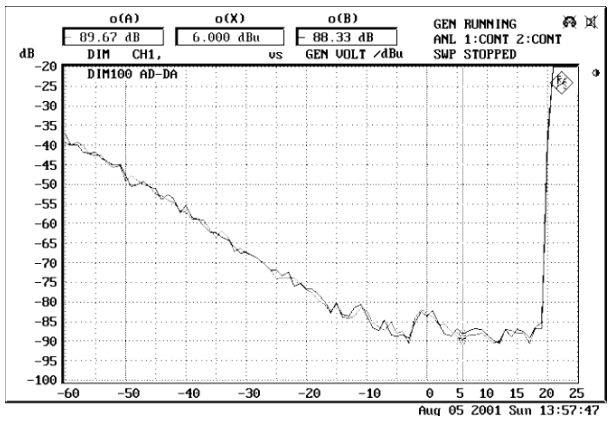


Abb. 8.2/4: Intermodulationsverzerrungen DIM100 über dem Eingangspegel, Messung: Analog In > High Out

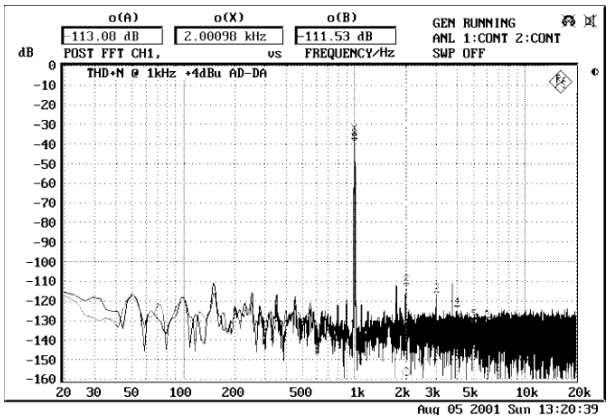


Abb. 8.2/5: Klirrspektrum bei fmess = 1kHz, Messung: Analog In > High Out, Vin = +4 dBu

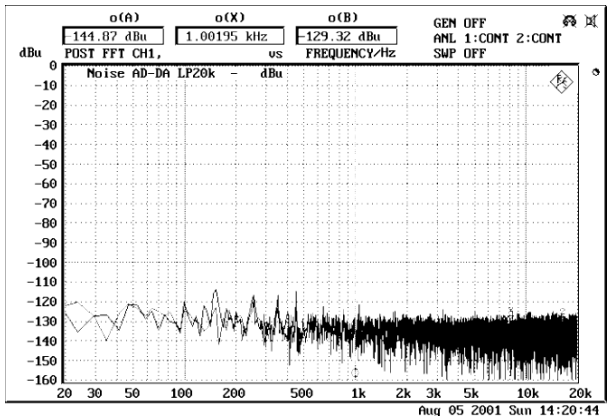


Abb. 8.2/6: Rauschspektrum, Messung: Analog In > High Out

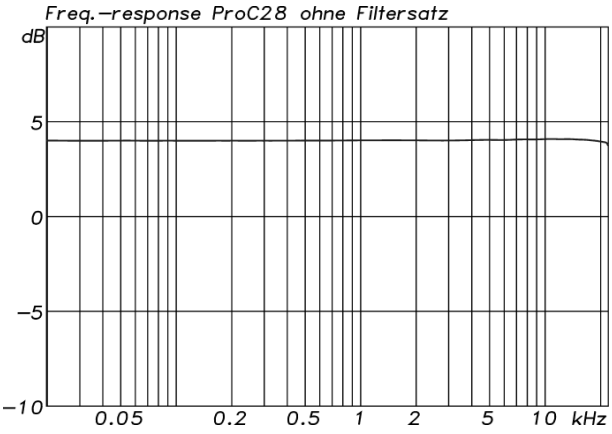


Abb. 8.2/7: Betrag der Eigenübertragungsfunktion (Frequenzgang) der High-Wege

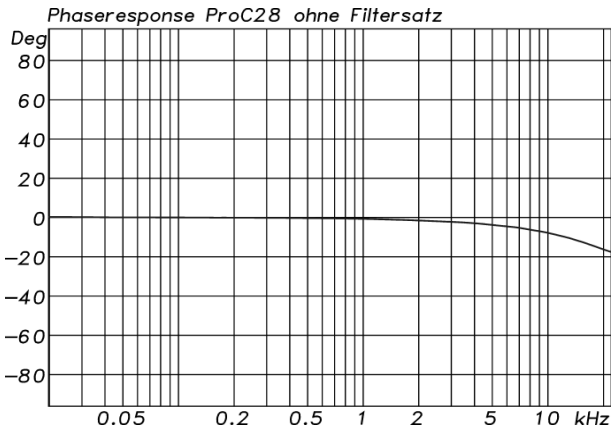


Abb. 8.2/8: Phase der Eigenübertragungsfunktion (Phasengang) der High-Wege